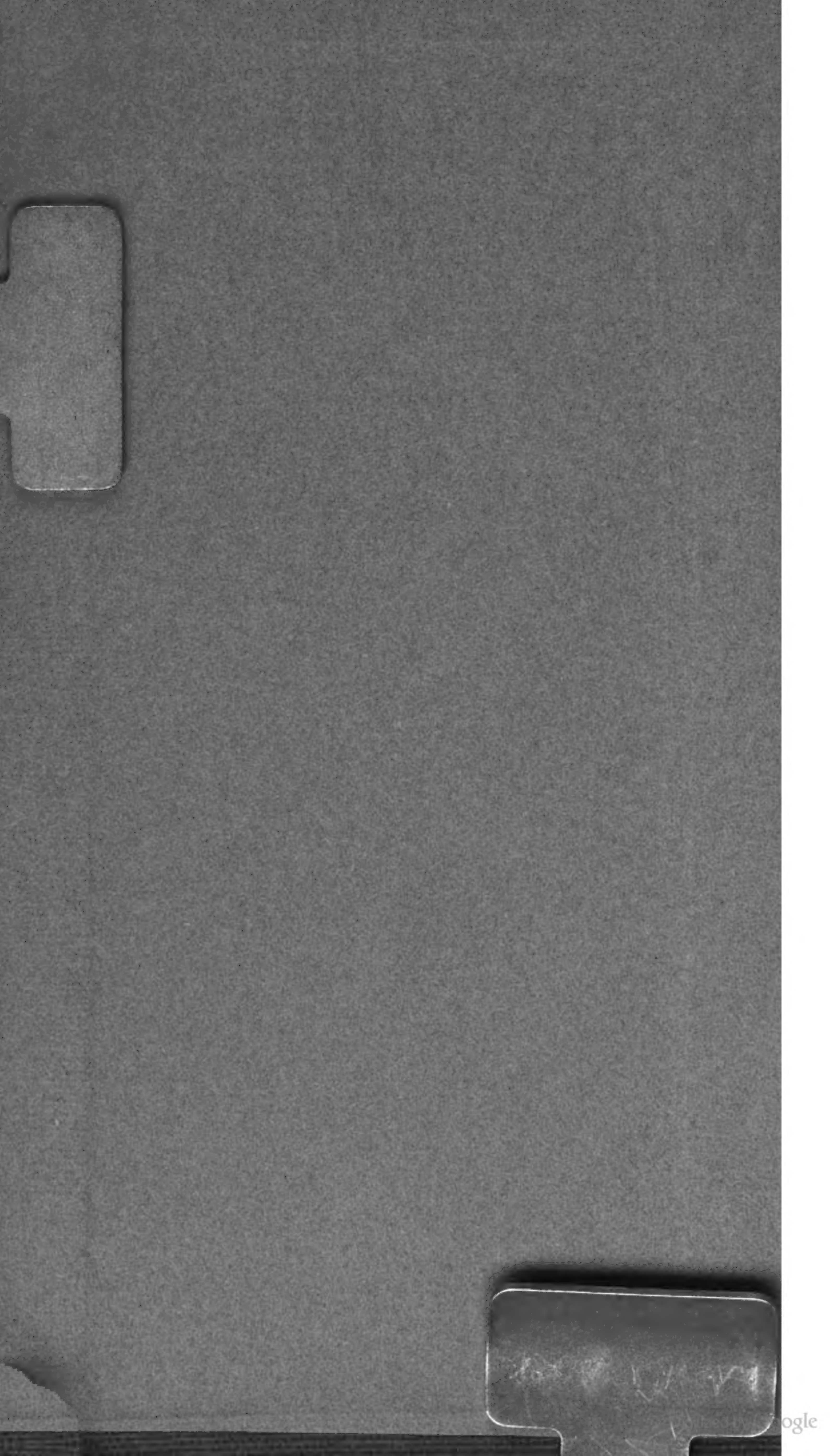
NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 08403384 8

Digitized by Google



oogle

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Geschichte
der
Physik
seit der Wiederherstellung der Künste und Wissenschaften bis auf die neuesten Zeiten

von

Johann Carl Fischer,
der Philosophie Prof. zu Jena und verschied. gelehrten Gesellschaften Ehrenmitgliede.

Dritter Band.

Mit vier Kupfertafeln.

Göttingen,
bey Johann Friedrich Röwer.
1802.

Digitized by Google

Geschichte
der
Künste und Wissenschaften
seit der Wiederherstellung derselben bis an das Ende
des achtzehnten Jahrhunderts.

Von
einer Gesellschaft gelehrter Männer
ausgearbeitet.

Achte Abtheilung.
Geschichte der Naturwissenschaften.
I. Geschichte der Naturlehre

von
Johann Carl Fischer.

ASTOR LIBRARY NEW-YORK

Dritter Band.

Göttingen,
bey Johann Friedrich Röwer.
1802.

118

Digitized by Google

Digitized by Google

Zweyter Abschnitt.

Von den Meynungen und Entdeckungen in der besondern Naturlehre.

Erstes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen in der Lehre vom Lichte.

Wesen des Lichts.

Newton's Entdeckungen erstrecken sich nicht allein über die allgemeine Naturlehre, auch die besondere Physik hat ihm einen beträchtlichen Theil ihrer Erweiterungen zu verdanken. Seine merkwürdigen Untersuchungen über das Licht und über die Farben insbesondere werden nicht minder ein ewiges Denkmal seines Forschungsgeistes, als seine Theorie von der allgemeinen Schwere, bleiben. Er gieng seinen eignen Weg, setzte sich über alle Hypothesen hinweg, und behauptete nichts, was ihm nicht die Erfahrung lehrte. Seine Untersuchungen, welche er über das Licht anstellte, betreffen zwar eigentlich die Erscheinungen und Gesetze desselben, ohne vorher festzusetzen, ob er das Licht für eine wirkliche Materie halte, oder

nicht; allein in einer der seiner Optik beygefügten Fragen frägt er ausdrücklich, ob nicht das Licht aus kleinen Theilchen bestehe, welche von den leuchtenden Körpern ausfließen, und nach allen Seiten hin in geraden Linien sich verbreiten? Diese Theilchen könnten ihre besondern Eigenschaften haben, und diese beym Durchgange durch verschiedene Mittel behalten; überdem könnten sie von den Theilchen andrer Körper angezogen werden, und diese hinwiederum anziehen u. s. f., mit einem Worte, sie könnten auf andere Materie eben so wirken, wie diese auf sie wirke a). Auch zeigt der Gang seiner Untersuchungen ganz deutlich, daß er geneigt war, die Lichtstrahlen für die Wege materieller Ausflüsse aus den leuchtenden Körpern zu halten. Noch deutlicher hat Newton seine Gedanken von der Natur des Lichts in einigen andern Fragen vorgetragen, welche noch jetzt eine genauere Erwägung verdienen, und daher angeführt werden müssen. Er fragt, können nicht grobe Körper und Licht eins in das andere verwandelt werden, und erhalten nicht die Körper ihre wirkende Kraft (vis actuosa) durch die Lichttheilchen, welche einen Bestandtheil derselben ausmachen? Denn alle feste Körper verbreiten so lange Licht um sich her, als sie im gehörigen Grade erhitzt bleiben; auch geht das Licht mit den Körpern eine Verbindung ein, wenn die Lichtstrahlen gegen ihre Theile stoßen. Es giebt wol keinen Körper, welcher zum Leuchten weniger geschickt wäre, als das Wasser, und gleichwol läßt es sich durch wiederholte Destillationen nach Boyle's Versuchen in eine Erde verwandeln, welche eine starke Hitze verträgt, und eben so gut, wie andere Körper, leuchtet. Die Verwandlung der Körper und des Lichts in einander ist dem Gan-

a) Optice. Lauf. et Genev. 1740. 4. quaest. XXIX.

Gange der Natur völlig angemessen, welche sich an dergleichen Umschaffungen gleichsam zu ergötzen scheint [b]).

Leuchten nicht alle feste Körper, wenn sie über einen gewissen Grad erhitzt sind, und wird nicht dieser Ausfluß des Lichts durch eine vibrirende Bewegung ihrer Theilchen bewirkt? Thun dies nicht überhaupt alle Körper, welche viel irdische, besonders brennbare Theile (partes sulphurosae) besitzen, so oft diese entweder durch Hitze, Reiben, Stoßen, Fäulniß, Lebensbewegung oder durch irgend eine Ursache in eine vibrirende Bewegung versetzt werden [c])?

Behalten nicht große Körper sehr lange ihre Wärme, indem sich ihre Theile gegenseitig erhitzen? Können nicht große dichte und feste Körper, wenn sie über einen gewissen Grad erhitzt sind, ihr Licht so reichlich aussenden, daß sie durch diese Aussendung und Zurückwirkung ihres Lichts, so wie durch die Reflexionen und Refractionen der Strahlen innerhalb ihrer Zwischenräume, immer noch heißer, und zuletzt so glühend werden wie die Sonne? Sind nicht die Sonne und die Fixsterne große stark glühende Erdgloben, deren Hitze durch die Größe ihrer Masse und der gegenseitigen Wirkung und Gegenwirkung ihrer Theile und des Lichts erhalten wird, und deren Theile zum Theil wegen ihres starken Zusammenhanges, zum Theil aber auch deßwegen sich nicht verflüchtigen können, weil eine sehr schwere und dichte Atmosphäre sie zusammendrückt, und die aufsteigenden Dämpfe verdichtet [d])?

Aus

b) Optice. Lauf. et Genev. 1740. 4. quaest. XXX.
c) ibid. quaest. VIII.
d) ibid. quaest. XI.

Aus diesen Fragen erhellet zur Genüge, daß Newton dem Lichte, als materiellem Stoffe, alle allgemeine Eigenschaften einer Materie überhaupt zuschreibt, wodurch es fähig ist, alle Erscheinungen, welche unter gewissen Umständen an ihm wahrgenommen werden, hervorzubringen.

Verschiedene Brechbarkeit des Lichts.

Kurz zuvor, ehe noch Newton mit dem gläsernen dreyseitigen Prisma Versuche in einem dunkeln Zimmer anstellte, hatte bereits der Italiäner Grimaldi zuerst die Bemerkung gemacht, daß das Farbenbild, welches in dem dreyseitigen Prisma bewirkt wird, eine länglichte Gestalt besitze. Allein er hatte daraus noch nicht auf die verschiedene Brechbarkeit des Lichts geschlossen (Th. II. S. 152.). Newton, welchem Grimaldi's Beobachtung noch unbekannt war, gieng auch bey diesem Gegenstande viel weiter, als alle seine Vorgänger. Im Jahr 1666 nämlich, als er sich mit Schleifung optischer Gläser beschäftigte, verfertigte er sich auch ein dreyseitiges gläsernes Prisma, um die bekannten Erscheinungen der Farben einer nähern Prüfung zu unterwerfen. Er brachte daher sein Prisma vor die Oefnung eines Fensterladen in einem dunkeln Zimmer, durch welche Sonnenlicht fiel und im Prisma so gebrochen ward, daß hinter ihm die gebrochenen Strahlen auf eine Wand kamen. Die auf solche Art im Prisma hervorgebrachten sehr lebhaften Farben vergnügten ihn anfänglich ungemein; nachdem er aber das Bild genauer betrachtete, so fiel ihm die länglichte Gestalt desselben als etwas sehr wunderbares auf, welche nach den gewöhnlichen Gesetzen der Brechung kreisrund hätte seyn müssen, weil die Oefnung, durch welche das Licht ins dunk-

dunkle Zimmer gelassen wurde, kreisrund war. Die Seitenlinien dieses länglichten Farbenbildes fand er gerade, an den beyden Enden verlor sich das Licht so allmählich, daß er die Figur desselben nicht recht wol bestimmen konnte, wiewol sie ihm ein Halbkreis zu seyn schien. Er bemerkte, daß die Länge dieses farbigen Bildes etwa fünfmal größer als die Breite war, und diese so große Ungleichheit gab ihm Veranlassung genug, die Ursache davon zu erforschen. Zuerst stand er in der Vermuthung, daß vielleicht ein Unterschied in der Dicke und Beschaffenheit des Glases, oder in der Einwirkung der benachbarten Dunkelheit auf das Licht Ursachen dieser Erscheinungen wären. Er ließ daher das Licht durch Theile des Glases von verschiedener Dicke gehen, veränderte die Größe der Oefnung im Fensterladen, und brachte das Prisma vor die Oefnung außerhalb des Fensterladens. Allein alle Vorgänge, welche sich dabey ereigneten, bestätigten auf keine Weise seine Vermuthung.

Hierauf meinte er, die Farben möchten vielleicht von einer Zerstreuung der Lichtstrahlen durch Ungleichheiten im Glase, oder von andern unregelmäßigen Umständen herrühren. Um dies näher zu prüfen, stellte er ein zweytes dem ersten völlig gleiches Prisma hinter dem letztern so, daß das Licht bey seinem Durchgange durch beyde Prismen nach entgegengesetzten Seiten gebrochen, und folglich von dem zweyten wieder in den Weg gebracht wurde, von welchem es von dem erstern war abgelenkt worden. Auf solche Art, glaubte er, würden sich die regelmäßigen Wirkungen beyder Prismen gegen einander aufheben, die unregelmäßigen aber durch die Vermehrung der Brechungen noch vergrößert werden. Allein auf eine ganz uner-

wartete Weise fand er das Bild, das sich im ersten Prisma ausgebreitet hatte, nach der Brechung im zweyten Prisma vollkommen kreisrund, als wenn es gar keine Brechung erlitten hätte.

Um sich von diesem Versuche eine deutliche Vorstellung zu machen, setze man (fig. 1.), daß durch die Oefnung a des Fensterladens bc Licht von der Sonne S auf das erste Prisma def falle, so wird dieses das Licht nach kl hin brechen, und daselbst ein längliches Bild zuwege bringen. Wird aber hinter das erste Prisma das zweyte hgi gehörig angebracht, so wird nunmehr das Licht nach m hin gebrochen, und das Bild daselbst ist kreisrund. Newton hatte bey diesem Versuche vorzüglich darauf gesehen, daß hg mit ef und gi mit df genau parallel war, damit die Brechungen in beyden Prismen einander zwar entgegengesetzt, aber doch gleich groß seyn möchten. Uebrigens bemerkte er, daß die Prismen sehr nahe an einander gestellt werden mußten; denn hatten sie eine solche Entfernung von einander, daß schon das im ersten Prisma gebrochene Licht Farben zeigte, ehe es das zweyte Prisma erreichte, so wurden diese Farben durch dasselbe nicht zernichtet.

Da Newton bey allen diesen vorläufigen Untersuchungen seine Vermuthungen nicht bestätigt fand, so suchte er nunmehr den Umstand, daß die Strahlen von verschiedenen Punkten der Sonnenscheibe gegen das Prisma unter verschiedenen Winkeln geneigt sind, näher zu erwägen, und maas daher alle bey den Versuchen vorkommende Linien und Winkel. Der Durchmesser der Oefnung im Laden war $\frac{1}{4}$ Zoll, die Entfernung des Bildes vom Laden oder vom Prisma 22 Fuß, die größte Länge des Bildes 13$\frac{1}{4}$ Zoll, und die

die Breite $2\frac{5}{8}$ Zoll. Der Winkel, welchen die gebrochenen Strahlen, die nach der Mitte des Bildes hingiengen, mit den einfallenden verlängerten machten, betrug 44° 56′, und der brechende Winkel f des Prisma 63° 12′. Die auffallenden und ausfahrenden Strahlen hatten, so genau er es erhalten konnte, gegen die Seitenflächen des Prisma eine gleiche Neigung, und die leztern kamen senkrecht auf die Wand. Das Bild, welches zwischen den Strahlen, die durch die Mitte der Oefnung giengen, enthalten war, hatte eine Länge von 13 Zoll, und eine Breite von $2\frac{3}{8}$ Zoll, daß folglich der Breite des Bildes ein Winkel an der Oefnung von etwa 31 Minuten (gerade so viel, als der scheinbare Durchmesser der Sonne ausmacht), der Länge desselben aber ein mehr als 5mal größerer Winkel, nämlich 2° 49′, zugehörte.

Diesen Beobachtungen zu Folge berechnete er zuerst die brechende Kraft seines gläsernen Prisma, und fand das Verhältniß der Sinus des Einfalls- und des Brechungswinkels wie 31 zu 20; hieraus berechnete er die Brechungen zweyer Strahlen, welche von entgegengesezten Punkten des Sonnenrandes herkamen, so daß der Unterschied ihrer Neigungswinkel 31 Minuten betrug, und fand, daß die ausfahrenden Strahlen ohngefähr denselben Winkel mit einander hätten machen sollen.

Da aber diese Berechnung auf dem unveränderlich angenommenen Verhältnisse der Sinus des Einfalls- und Brechungswinkels sich gründete, so brachte er nochmals sein Prisma in die vorige Stellung, und machte die Bemerkung, daß, wenn er es ein wenig um seine Axe drehete, so daß die Neigung der Seitenfläche gegen das Licht nicht über 4 bis 5 Grade

sich änderte, das Bild an der Wand nicht merklich von seiner Stelle wegruckte, und mithin die Brechung ohngefähr gleich groß blieb. Dieser Versuch und seine vorige Rechnung gaben ihm nun genugsam zu erkennen, daß der Unterschied in der Neigung der auffallenden Strahlen, welche von verschiedenen Punkten der Sonnenscheibe herkommen, kein Grund seyn konnte, warum die ausfahrenden Strahlen statt eines Winkels von ohngefähr 31 Minuten einen von 2° 49′ mit einander machten.

Nun kam er auf die Gedanken, daß vielleicht die Lichtstrahlen nach dem Durchgange durchs Prisma krumme Linien beschreiben, und nach der verschiedenen Krümmung derselben die Wand in verschiedenen Punkten treffen möchten. Dieser Gedanke schien ihm besonders deßwegen wahrscheinlich, weil er sich erinnerte, beym Ballspiel den Ball nach einem schiefen Schlage eine solche krumme Linie beschrieben gesehen zu haben. Denn, sagt er, wenn er auf diese Art so wol eine drehende als fortschreitende Bewegung erhält, so werden seine Theile an derjenigen Seite, wo beyde Bewegungen zusammentreffen, die dagegen stoßende Luft stärker drucken und schlagen, als an der andern, und werden dadurch eine stärkere Zurückwirkung der Luft verursachen. Er schloß daher, wenn das Licht aus Kügelchen bestünde, das beym schiefen Durchgange aus einem Mittel in ein anderes eine drehende Bewegung bekäme, so müßte es von dem ihn umgebenden Aether an derjenigen Seite, wo die Bewegungen zusammenträfen, einen größern Widerstand leiden, und beständig nach der andern Seite hin gelenkt werden. Nachdem er aber diese Sache näher untersuchte, konnte er keine solche Krümmung an den Lichtstrahlen wahrnehmen;

men; vielmehr bemerkte er, daß der Unterschied zwischen der Länge des Bildes und dem Durchmesser der Oefnung im Laden der Entfernung beyder von einander proportional war.

Da nun Newton auch diesen Gedanken für unzureichend fand, so kam er endlich auf den Versuch, welcher entscheidend war, und den er das experimentum crucis nannte. Er stellte nämlich (fig. 3.) hinter das Prisma def, auf welches das Sonnenlicht durch die Oefnung a des Ladens bc auffiel, ein Bret gh mit einem kleinen Loche i, um einen Theil des im Prisma def gebrochenen Lichts durchzulassen; diesen abgesonderten Theil ließ er etwa 12 Fuß von dem Brete gh entfernt durch das Loch m eines andern Bretes kl auf ein zweytes hinter diesem Brete gestelltes Prisma nop fallen, in welchem er von neuem gebrochen hinter demselben auf die Wand fiel. Hierauf drehte er das erste Prisma def langsam um seine Axe, so daß jeder Theil des auf dem zweyten Brete kl entworfenen Bildes einer nach dem andern durch das Loch m fiel, um zu sehen, nach welchen Stellen der Wand die zu diesem Theile gehörigen Strahlen hingebrochen würden. Aus den Veränderungen dieser Stellen sahe er, daß diejenigen Strahlen, welche nach der Brechung im ersten Prisma def gegen das eine Ende des Bildes hin liefen, im zweyten Prisma nop eine beträchtlich stärkere Brechung erlitten, als diejenigen, welche nach dem andern Ende des Bildes hin liefen. Aus diesem Versuche folgerte nun Newton, daß das Sonnenlicht aus verschiedenen in Rücksicht der Brechung ungleichartigen Strahlen bestehen müsse, so daß bey gleichem Einfallswinkel auf das-

selbe Mittel einige stärker als andere gebrochen werden [e]).

Mit welcher Vorsicht Newton bey diesen seinen Versuchen zu Werke gegangen ist, zeigt er bey der Beschreibung derselben in seiner Optik. Da überhaupt Versuche dieser Art die größt möglichste Vorsichtigkeit erfordern, so ist es nöthig, das wesentlichste hievon anzuführen. Newton ließ jederzeit das Sonnenlicht auf die Axe seiner Prismen senkrecht auffallen. Um diese Axe drehete er das Prisma langsam herum, so daß das farbige Sonnenbild an der Wand anfänglich herabwärts und nachher wieder aufwärts sich bewegte. Zwischen diesen beyden entgegengesetzten Bewegungen, da das Bild gleichsam unbeweglich zu seyn schien, befestigte er das Prisma, damit es sich nicht weiter drehen konnte. Denn in dieser Lage sind die Brechungen des Lichts auf beyden Seiten gleich. Das gebrochene Licht ließ er alsdann auf einen Bogen weißes Papier an der gegenüberstehenden Wand senkrecht auffallen. Drehete er das Prisma ein wenig um seine Axe so, daß die ausfahrenden Strahlen eine größere Neigung gegen die Seitenfläche des Prisma hatten, so ward das Farbenbild Ein oder ein Paar Zolle länger; drehete er hingegen das Prisma nach der verkehrten Richtung so, daß die auffallenden Strahlen gegen die Seitenfläche des Prisma eine größere Neigung hatten, so ward das Bild um Einen oder ein Paar Zolle kürzer.

Das

e) Philos. Trans. n. 80. sqq. 1672–1688. Abhandl. aus den Philos. Trans. Leipzig 1779. 4. B. I. S. 192. f. und Optice. Laus. et Genev. 1740. 4. lib. I. p. I. prop. II. exper. VI. p. 30. sqq.

Das erste Prisma, welches er bey seinen Versuchen gebrauchte, hatte einige von einem Ende zum andern hinlaufende Adern, wodurch einiges Licht unordentlich zerstreuet wurde, ohne eben die Länge des Bildes zu vergrößern. Denn mit andern Prismen ergab sich bey dem nämlichen Versuche derselbe Erfolg. So fand er mittelst eines Prisma, daß von aderichen Streifen völlig frey zu seyn schien, und dessen brechender Winkel $62\frac{1}{2}$ Grad war, die Länge des Bildes $9\frac{3}{4}$ bis 10 Zoll in einer Entfernung von $18\frac{1}{2}$ Fuß vom Prisma. Die Oefnung im Fensterladen war, wie vorher, $\frac{1}{4}$ Zoll breit. Weil bey der Stellung des Prisma leicht Fehler vorgehen können, so wiederholte er den Versuch drey, vier- und mehrere mal, und fand das farbige Bild beständig von einerley Länge. Durch ein anderes Prisma von noch hellerm und besser polirtem Glase, welches ebenfalls von aderichen Streifen frey zu seyn schien, und dessen brechender Winkel $63\frac{1}{2}$ Grad war, fand er bey der nämlichen Entfernung des Bildes vom Prisma die Länge desselben 10 bis $10\frac{1}{8}$ Zoll. Ueber diese Grenze, ohngefähr $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ Zoll von beyden Enden des Bildes, schien das von den Wolken herkommende Licht roth und violet gefärbt zu seyn, jedoch so matt, daß er muthmaßte, es möchte dies gefärbte Licht wol von einigen unordentlich zerstreuten Strahlen des Bildes herrühren, und deßwegen rechnete er es nicht zum Bilde. Uebrigens wurde die Länge des Bildes weder durch die verschiedene Weite der Oefnung in dem Fensterladen, noch durch die verschiedene Dicke des Prisma an den Stellen, wo das Licht durchgieng, noch durch die verschiedene Neigung des Prisma gegen die Horizontalfläche in etwas abgeändert. Wenn auch das Prisma aus einer andern Materie bestand, so blieb doch

die

die Länge des Bildes die nämliche. Denn als er ein hohles mit Wasser gefülltes gläsernes Prisma gebrauchte, so blieb der Erfolg im Verhältnisse der Brechung derselbe f).

Newton blieb bey diesen Versuchen noch nicht stehen, sondern stellte zur Bestätigung seiner Hypothese von der verschiedenen Brechbarkeit des Lichts mehrere an, von welchen die vornehmsten anzuführen sind. Er nahm sein dreyseitiges Prisma in die Hand, und hielt es einige Fuß von der Oefnung im Fensterladen gegen das Sonnenlicht so, daß die Strahlen senkrecht auf die Axe des Prisma auffielen; in dieser Lage des Prisma sahe er durch dasselbe gegen die Oefnung im Laden hin, welche er in Ansehung der Länge viel größer als in Ansehung der Breite wahrnahm; der am meisten gebrochene Theil des Bildes war violet, der am wenigsten gebrochene roth; die mittlern Theile blau, grün und gelb. Der nämliche Erfolg fand statt, wenn er das Prisma außerhalb des Sonnenlichts hielt, und die Oefnung vermittelst des von den Wolken herkommenden Lichts betrachtete g).

Er dachte, wenn das Sonnenbild entweder durch eine Ausbreitung eines jeden Strahls, oder durch eine andere zufällige Ungleichheit der Brechungen so sehr in die Länge gedehnt werden sollte, so müßte es nothwendig auch durch eine seitwärts veranstaltete Brechung eben so sehr in die Breite ausgedehnt werden. Zu dem Ende stellte er ein zweytes Prisma gleich hinter das erste aufrecht, damit es das Licht, welches von dem ersten Prisma aufwärts gebrochen ward, seit-

f) Optice. lib. I. part. I. prop. II. exp. III. p. 18. sqq.

g) ibid. exper. IV. p. 22.

seitwärts lenkte. Allein der Erfolg war, daß die Breite des Bildes durch die zweyte Brechung nicht vergrößert ward; vielmehr ward der obere Theil, welcher durch das erste Prisma am stärksten gebrochen und violet und blau gefärbt war, durch das zweyte Prisma wiederum am meisten zur Seite hin gebrochen, und der rothe oder untere Theil weniger. Wenn (fig. 3.) S die Sonne, a die Oefnung im Fensterladen bc, def das erste Prisma, gh das andere, y das runde Sonnenbild ohne die Brechung des Lichts durch die Prismen, und kl das länglichte Bild durch das erste Prisma def vorstellen, so ist mn das Bild durch die Querbrechung beyder Prismen zugleich.

Bisweilen stellte er hinter das zweyte Prisma noch ein drittes, auch wol hinter dies noch ein viertes, wodurch das Bild mehrere mal seitwärts gebrochen ward. Der Erfolg aller dieser Versuche blieb aber immer ein und derselbe; nämlich diejenigen Strahlen, welche im ersten Prisma die stärkste Brechung erlitten hatten, wurden auch in den andern am stärksten gebrochen, ohne daß die Breite des Bildes vergrößert ward. Daher nennt er auch diese Strahlen, weil sie beständig auf eine unveränderliche Art gebrochen werden, die am meisten brechbaren (magis refrangibiles).

Um sich von diesem Versuche eine deutlichere Vorstellung zu machen, sagt Newton, müsse man bemerken, daß alle diejenigen Strahlen, welche gleich brechbar sind, ein kreisrundes Bild der Sonnenscheibe gemäß machen werden. Es sey also (fig. 4.) ap ein kreisrundes Bild, welches sich von den am meisten brechbaren Strahlen, die von der Sonne herkommen, an der entgegengesetzten Wand abmalen würde, wenn

wenn diese allein vorhanden wären; eben so sey auch ef das kreisrunde Bild, welches die am wenigsten brechbaren Strahlen der Sonne würden verursacht haben, und gd, hs, ib seyen Bilder, welche Strahlen von mittlerer Brechbarkeit nach der Ordnung würden gemacht haben; außerdem stelle man sich noch unendlich viele mittlere Kreise vor, welche von unendlich vielen mittleren Gattungen von Strahlen entstehen würden, wenn sie von der Sonne jede nach und nach besonders herkämen. Da aber die Sonne alle diese Gattungen von Strahlen zugleich aussendet, so werden sie alle zusammen eine unendliche Menge von kreisrunden Bildern entwerfen, welche sich nach Maasgabe ihrer Brechbarkeit neben einander ordnen, und das länglichte Bild kl verursachen.

Wenn nun das runde Sonnenbild y, welches von dem ungebrochenen Lichte entworfen wird, durch irgend eine Ausbreitung der Strahlen, oder sonst durch eine unregelmäßige Brechung im ersten Prisma, in das länglichte Bild kl verwandelt würde, so müßte ein jeder Kreis dieses Bildes durch das zweyte Prisma auf eine ähnliche Art in eine länglichte Gestalt gedehnt werden. Auf solche Weise müßte das Bild (fig. 3.), welches durch die beyden Prismen def und hg bewirkt wird, in die Breite eben so sehr, wie in die Länge ausgedehnt werden, und als ein Quadrat mpno erscheinen. Vielmehr wird aber ein jeder Kreis des Bildes kl durch das zweyte Prisma gh unverändert nach dem Bilde (fig. 4) mn, einer mehr, der andere weniger, nach der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen hingebrochen.

Ueberdem hatte Newton beobachtet, daß um das Sonnenbild y, wegen der Breite der Oefnung im

Fen-

Fensterladen, ein Halbschatten zu bemerken war, der sich auch an den Seiten der Bilder k l und m n zeigte. Brachte er aber ein Linsenglas in die Oefnung des Ladens, so fiel dieser Halbschatten gänzlich hinweg.

Bey diesem Versuche stellte er auch das zweyte Prisma nicht gleich hinter das erste, sondern ohngefähr in die Mitte zwischen dasselbe und die Wand. Hier fand der nämliche Erfolg, wie vorhin, statt; das vom zweyten Prisma bewirkte Farbenbild hatte ebenfalls gegen das erste eine geneigte Lage, und die blauen Enden entfernten sich weiter von einander als die rothen; mithin litten die Strahlen, welche im ersten Prisma am stärksten gebrochen waren, auch in dem zweyten die stärkste Brechung.

Auch machte er in den Fensterladen zwey Oefnungen nahe über einander, und stellte vor jeder ein Prisma, welche auf der gegenüberstehenden Wand zwey länglichte Farbenbilder entwerfen mußten. Brachte er nun hinter diese beyden Prismen ein drittes Prisma in vertikaler Stellung, so wurden die beyden Farbenbilder ebenfalls in zwey andere schiefliegende gebrochen [h]).

Wiederum ließ er durch zwey Prismen, welche vor zwey Oefnungen im Fensterladen gestellt waren, ein Paar länglichte Farbenbilder an der Wand abmahlen. Hierauf brachte er vor die Wand einen langen schmalen Streifen Papier mit geraden und parallelen Seitenlinien, und ordnete alles so, daß die rothe Farbe des einen Bildes auf die eine Hälfte des Papiers, und die violette Farbe des andern Bildes auf die andere Hälfte fallen mußte. Die hinter dem Pa-

h) Optice. lib. I. part. I. prop. II. exper. V. p. 23. sqq.

Papiere liegende Wand bedeckte er mit schwarzem Tuche, damit von ihr kein Licht reflektiren sollte. Hiernächst betrachtete er das Papier durch ein drittes Prisma, das er damit parallel hielt. Die Hälfte desselben, welche das violette Licht auffieng, schien nunmehr von der andern Hälfte wegen der größern Brechung getrennt zu seyn, besonders wenn er sich ziemlich weit vom Papiere entfernte. Auch ließ er die beyden Bilder mit verkehrter Ordnung der Farben auf einander fallen, so daß das rothe Ende des einen auf das violette des andern kam. Betrachtete er sie alsdann durch ein Prisma, das er der Länge nach mit ihnen parallel hielt, so sonderten sie sich von einander ab, und durchkreuzten sich in der Mitte [i]).

Newton brachte ferner ein Prisma (fig. 5) dfe, welches bey f einen rechten, und bey d und e zwey gleiche Winkel, nämlich jeden von 45° hatte, in den Sonnenstrahl, welcher durch die Oefnung a ins dunkle Zimmer fiel, und drehte es langsam nach der Ordnung der Buchstaben fde um seine Axe, bis das Licht, welches vorher durch die Grundfläche de herausgegangen war, von derselben zurückgeworfen wurde. Hier fand er, daß diejenigen Strahlen, welche in dem Prisma dfe die stärkste Brechung erlitten hatten, am ersten zurückgeworfen wurden. Daher, dachte er, müßten unter den reflektirten Strahlen diejenigen, welche am stärksten gebrochen waren, zuerst in größerer Menge als die übrigen Gattungen von Strahlen enthalten seyn, bis daß nachdem auch diese reflektirt worden, ihre Menge jener gleich würde. Um nun dies durch Erfahrung auszumachen, ließ er das reflektirte

tirte

i) Optice. lib. I. part. I. prop. II. exper. VII. p. 32. sqq.

tirte Licht durch ein anderes Prisma nkm gehen, und nach der Brechung durch selbiges auf ein weißes Papier op in einiger Entfernung von nkm fallen, wo sich das gewöhnliche Bild abmahlte. Nachdem er nun das erste Prisma dfe um seine Axe langsam drehen ließ, so nahm er wahr, daß, wenn die in diesem Prisma am stärksten gebrochenen Strahlen, nämlich die blauen und violetten, sämmtlich mit einander reflektirt wurden, das blaue und violette Licht auf dem Papiere merklich gegen das rothe und gelbe vermehrt ward; eben so ward auch das übrige Licht, das grüne, gelbe, rothe, nachdem es in dem ersten Prisma gänzlich reflektirt war, wie das vorherige blaue und violette auf dem Papiere verstärkt. Aus diesem Versuche war also klar, daß das von der Grundfläche de des Prisma def reflektirte Licht aus Strahlen von verschiedener Brechbarkeit zusammengesetzt ist, weil es zuerst von den am meisten brechbaren, und darauf von den weniger brechbaren, nach dem Grade ihrer Brechbarkeit, vermehrt wird. Die am meisten brechbaren Strahlen sind in der Figur durch gh dargestellt, welche zuerst nach l hin reflektirt werden und von da in p die Menge der violetten Strahlen lp vermehren, und die am wenigsten brechbaren Strahlen stellt die Linie gi vor, welche nach gehöriger Umdrehung des Prisma zuletzt reflektirt werden und nach den rothen Strahlen lo hingehen [k]).

Aus allen diesen Versuchen schloß nun Newton ganz richtig, daß das Licht in Ansehung der Brechbarkeit verschieden sey, und daß alle diejenigen, wel-

k) Optice lib. I. part. I. prop. II. exper. IX. p. 37. sqq.

welche von dem beständigen Brechungsgesetze aus einer brechenden Materie in die andere und den darauf gebaueten Methoden, dies Gesetz durch Messung zu finden, geredet hätten, eine gewisse mittlere Gattung von Strahlen verstanden hätten. Newton beweißt so wol aus Erfahrung als auch aus geometrischen Gründen, daß für jede Gattung der Strahlen das Verhältniß des Brechungssinus zum Einfallssinus unveränderlich sey [1]).

Da die Lehre von der Brechung durch ein Prisma bey manchen physikalischen Untersuchungen über die Natur des Lichts so äußerst wichtig ist, so halte ich es für nöthig, sie in möglichster Kürze beyzubringen. Es sey also (fig. 6.) abc ein auf die Axe senkrechter Schnitt des Prisma. In diesem werde der Strahl fd nach de gebrochen, und fahre nach ek heraus. Das Brechungsverhältniß aus Luft in Glas sey $\mu : 1$; die Neigungslothe beyder brechenden Flächen seyen mn und mp, welche sich in dem Punkte m schneiden. Weil diese Neigungslothe auf den Linien ab und ac senkrecht sind, so machen sie mit einander eben denselben Winkel, als die Linien selbst, oder es ist der Winkel $\delta = a$. Die Einfalls- und Brechungswinkel bezeichne man mit α, β, γ, ε. Ueberdem ist noch $\delta - \beta + \gamma = a$.

Für das Brechungsverhältniß $\mu : 1$ hat man vermöge des Brechungsgesetzes I. $\sin. \beta = \frac{\sin. \alpha}{\mu}$; II. $\sin. \varepsilon = \mu . \sin. \gamma$; III. $\gamma = a - \beta$.

Aus diesen drey Formeln ist man im Stande, die drey Winkel β, γ und ε zu finden, wenn α, a und

1) Optice. lib. I. part. I. prop. VI. p. 52. sqq.

und μ bekannt sind. Aus $\gamma = a - \beta$ ergiebt sich sin. $\gamma =$ sin. a . cos. β — cos. a . sin. β, oder, weil cos. $\beta = \sqrt{(1 - \sin.\ \beta^2)} = \sqrt{\left(1 - \frac{\sin.\ \alpha^2}{\mu^2}\right)}$ $= \sqrt{\left(\frac{\mu^2 - \sin.\ \alpha^2}{\mu^2}\right)} = \frac{1}{\mu}\sqrt{(\mu^2 - \sin.\ \alpha^2)}$, der Werth von sin. $\gamma =$ sin. a . $\frac{1}{\mu}\sqrt{(\mu^2 - \sin.\ \alpha^2)}$ — cos. a . $\frac{\sin.\ \alpha}{\mu}$, folglich IV. $\sin.\ \varepsilon = \mu\left(\frac{1}{\mu}\ \sin.\ a \sqrt{(\mu^2 - \sin.\ \alpha^2)} - \frac{1}{\mu}\cos.\ a\ .\ \sin.\ \alpha\right) =$ $\sin.\ a \sqrt{(\mu^2 - \sin.\ \alpha^2)} - \cos.\ a\ .\ \sin.\ \alpha$.

Auf eben diese Art würde die Rechnung anzustellen seyn, wenn ke der einfallende, und df der ausgehende Strahl wäre; demnach ist auch V. $\sin.\ \alpha =$ $\sin.\ a \sqrt{(\mu^2 - \sin.\ \varepsilon^2)} - \cos.\ a\ .\ \sin.\ \varepsilon$.

Aus diesen Formeln ist sehr leicht zu erkennen, daß der Winkel ε zunimmt, wenn der Winkel α kleiner wird, indem beyde sowol der sin. α als sein Quadrat abgezogen werden müssen, um den Sinus von ε zu finden. Weil jedoch sin. ε nie größer als 1 werden darf, indem sonst der im Prisma gebrochene Strahl de von ac zurückgeworfen, und nicht nach ek gebrochen würde, so kann auch α nicht kleiner werden, als nöthig ist, um sin. $\varepsilon = 1$ zu geben. Für diesen Werth von α findet man nach V. $\sin.\ \alpha = \sin.\ a \sqrt{(\mu^2 - 1)} - \cos.\ a$.

Von diesem Werthe des α an kann es zunehmen bis auf 90°, oder bis der Lichtstrahl fd in der Richtung ba selbst einfällt. In diesem letztern Falle er-

hält man für den Werth von ε in IV. eben das, was vorhin α gab. Allein es kann hier keine Brechung mehr statt finden, weil die Lichtstrahlen vor dem Prisma vorbeygehen. Zwischen diesen Grenzen aber ergiebt sich für einen jeden Werth von α ein Bild nach k zu.

Gesetzt also, fd sey ein Sonnenstrahl im dunkeln Zimmer, an welchem das Prisma so angebracht ist, daß der Winkel so klein wird, als es verstattet ist, um an der Fläche kr ein Bild zu machen. In diesem Falle wird $\varepsilon = 90^\circ$, folglich zeigt sich an der Wand kr das Bild, wiewol sehr schwach, in der Richtung ac. Nun drehe man das Prisma um die Axe von a nach c zu, so daß der Winkel α größer wird, so wird der Winkel ε kleiner, und das Bild an der Wand bewegt sich abwärts. Beym Fortdrehen des Prisma kömmt die Seite ba des Prisma in die Lage des einfallenden Strahls fd, und das Bild an der Wand verschwindet wieder.

Der einfallende Strahl fd und der ausgehende ek schneiden einander gehörig verlängert in dem Punkte i, und der Winkel dih ist $=$ ide $+$ dei $= \alpha - \beta + \varepsilon - \gamma = \alpha + \varepsilon - (\beta + \gamma) = \alpha + \varepsilon - a$. Da nun der Winkel α beym Erscheinen des Bildes an der Wand kr eben so groß ist als ε beym Verschwinden, und der Winkel ε beym Erscheinen so groß als der Winkel α beym Verschwinden, so ist der Winkel i in beyden Fällen von gleicher Größe. Der einfallende Strahl fd bleibt aber beständig der nämliche, mithin muß auch der ausgehende Strahl ek beym Verschwinden des Bildes eben die Richtung haben, als beym Erscheinen desselben, oder das Bild an der Wand kr verschwindet an eben der Stelle,

wo

wo es sich zu zeigen anfieng. Nun erhellet aus dem vorhergehenden, daß das Bild nach dem Erscheinen beym Umdrehen des Prisma sich abwärts bewegt, folglich muß eine Grenze statt finden, wo das Bild an der Wand seine niedrigste Stelle hat und von welcher es sich wieder aufwärts bewegt, um beym Verschwinden an die vorige Stelle zu kommen, wo es sich zu zeigen anfieng. An dieser niedrigsten Stelle wird das Bild am lebhaftesten erscheinen, und durchs Umdrehen des Prisma am wenigsten fortrucken, weil es hier in der Rückkehr begriffen ist. Diese Erscheinung muß während der ganzen Umdrehung des Prisma dreymal erfolgen, indem das Prisma drey Seiten hat. Um diese niedrigste Stelle des Bildes an der Wand kr zu erhalten, muß die Formel IV. differenziirt werden, welches aber hier zu zeigen zu weitläuftig wäre. Die Rechnung ergiebt, daß dies statt findet, wenn $\alpha = \varepsilon$, mithin $d\alpha = d\varepsilon$ ist. Setzt man daher in I. und II. $\varepsilon = \alpha$, so wird $\sin.\beta = \frac{\sin.\varepsilon}{\mu}$, oder $\mu.\sin.\beta = \sin.\varepsilon = \mu.\sin.\gamma$, mithin $\gamma = \beta$, und in III. $\gamma = \alpha = \frac{1}{2}a$.

Exemp. Es sey $\mu = \frac{3}{2}$, und $a = 60°$, so hat man $\sin. a = \frac{1}{2}\sqrt{3}$; $\cos. a = \frac{1}{2}$. Diese Werthe in V. gesetzt geben die Stelle, wo das Bild zuerst erscheint, mithin $\sin.\alpha = \frac{1}{2}\sqrt{3}.\sqrt{(\frac{9}{4}-1)} - \frac{1}{2} = \frac{1}{2}\sqrt{3}.\sqrt{\frac{5}{4}} - \frac{1}{2} = \frac{1}{4}\sqrt{15} - \frac{1}{2} = 0{,}4682456$, wofür man in den Tafeln für $\alpha = 21° 55'$ findet. Für diesen Fall ist $\varepsilon = 90°$, und das Bild an der Wand kr kaum zu erkennen. Wird aber das Prisma um seine Axe nach der Richtung bac gedreht, so wird der Winkel α größer, und der Winkel ε kleiner, und das Bild bewegt sich an der Wand niederwärts, wo-

bey es zugleich lebhafter wird; Endlich kommt es an die Stelle, wo $\sin. \alpha = \mu . \sin. \frac{1}{2}a = \frac{3}{2} . \frac{1}{2} = 0,7500000$ wird, wofür man aus den Tafeln $\alpha = 48^\circ 35' 25''$ erhält. Auch hier ist $\varepsilon = 48^\circ 35' 25''$. Das Bild liegt alsdann am niedrigsten, und ist zugleich am lebhaftesten. Wird das Bild weiter fortgedreht, so kömmt endlich die Seite ab in die Richtung des einfallenden Strahls fd, wobey der Winkel $\varepsilon = 27^\circ 55'$ wird, und das Bild an der Wand verschwindet wieder.

An der niedrigsten Stelle des Bildes machen auch Strahlen, die gegen fd auf beyden Seiten um gleiche Winkel geneigt sind, beym Ausfahren noch ziemlich eben den Winkel, wie beym Auffallen. Dieß zeigt die Rechnung, wenn man im vorigen Beyspiele den Werth von α um $15' 35''$ größer oder kleiner nimmt. Die dafür gefundenen Werthe von ε werden $48^\circ 19' 54''$ und $48^\circ 51' 4''$, und unterscheiden sich auch um $31' 10''$, wie die Werthe von α selbst. Es müssen daher diejenigen Strahlen, welche von entgegengesetzten Punkten des Sonnenrandes herkommen, den Winkel $31' 10''$, so wie beym Einfallen, also auch beym Ausgehen, mit einander machen, und es müßte das senkrecht aufgefangene Bild durchs Prisma kreisrund bleiben, wenn μ für alle Strahlen einerley bliebe. Newton schloß also mit Recht, daß μ für verschiedene Farben des Lichts verschieden sey.

Wird durch a die horizontale Linie haor gezogen, welche von dem einfallenden Strahl fd in o, und von dem ausgehenden ek in h geschnitten wird, so ist der Winkel o die Sonnenhöhe, und den Winkel h kann man erfahren, wenn man die Höhen e und k von der horizontalen Linie haor nebst der Entfernung des Prisma von der Wand mißt. Der Winkel dih ist $= h + o$,

mit-

mithin $h + o = \alpha + \varepsilon - a$; ist nun $\alpha = \varepsilon$, oder hat das Bild die niedrigste Stelle, so ergiebt sich $h + o = 2\alpha - a$, und $\sin. \alpha = \sin. \frac{1}{2}(h + o + a) = \mu . \sin. \frac{1}{2} a$, und $\mu = \frac{\sin. \frac{1}{2}(h + o + a)}{\sin. \frac{1}{2} a}$, welches eine schöne Methode ist, das Verhältniß der Brechung zu bestimmen.

In Newton's Prisma war der Winkel $a = 62^\circ 30'$, und die beyden Winkel o und h für die Mitte des Farbenbildes fand er $44^\circ 40'$, also $\frac{1}{2}(h + o + a) = 53^\circ 35'$. Die Länge des Farbenbildes war $7\frac{3}{4}$ Zolle, die Entfernung desselben vom Prisma $18\frac{1}{2}$ Fuß, folglich der Winkel der äußern Strahlen $2^\circ 0' 7''$. Es wird also der Winkel h für die rothen Strahlen um $1^\circ 0' 3''$ kleiner, für die violetten um eben so viel größer als für die mittleren. Die Winkel o und a bleiben ungeändert. Für das rothe Licht ist demnach $\frac{1}{2}(h + o + a) = 53^\circ 5'$, und für das violette $= 54^\circ 5'$. Daraus ergiebt sich

$$\mu \begin{cases} \text{für rothe Strahlen} = \sin. 53^\circ 5' : \sin. 31^\circ 15' \\ \text{für mittlere Strahlen} = \sin. 53^\circ 35' : \sin. 31^\circ 15' \\ \text{für violette Strahlen} = \sin. 54^\circ 5' : \sin. 31^\circ 15' \end{cases}$$

Nach den Tafeln giebt dieß

$$\mu : 1 = \begin{cases} 7995 : 5188 = 77 : 50 \\ 8047 : 5188 = 77\frac{1}{2} : 50 \\ 8099 : 5188 = 78 : 50 \end{cases}$$

Farben.

Zu gleicher Zeit, als Newton die verschiedene Brechbarkeit des Lichts entdeckte, womit die Verschiedenheit der Farben nothwendig verbunden war, leitete er daraus eine Theorie der Farben ab, die er der königlichen Societät zu London mit den Versuchen über das

Licht zugleich bekannt machte m). Diese seine Gedanken über die Beschaffenheit der Farben stellte er in eine Reihe von Sätzen zusammen, davon die wichtigsten folgende sind:

1. Die Farben sind nicht Modifikationen des Lichts durch die Brechung und Zurückwerfung, welche es von den Körpern erleidet, sondern ursprüngliche und eigenthümliche Eigenschaften desselben, welche in verschiedenen Strahlen verschieden sind. Manche Stellen haben das Vermögen, die Empfindung der rothen Farbe und keiner andern; einige die der gelben Farbe und keiner andern; einige die der grünen und keiner andern u. s. f. zu erwecken. Nicht allein die kenntlichsten Farben haben ihre eigenen Strahlen, wodurch sie hervorgebracht werden, sondern alle dazwischen fallende Schattirungen haben dergleichen.

2. Mit ein und dem nämlichen Grade der Brechbarkeit des Lichts ist jederzeit dieselbe Farbe verbunden, und umgekehrt.

3. Die nämliche Gattung von Farben bey demselben Grade der Brechbarkeit des Lichts läßt sich weder durch Brechung, noch durch Zurückstrahlung, noch durch irgend eine andere Ursache verändern. Sobald homogenes Licht von dem ungleichartigen abgesondert war, so behielt es nachher seine Farbe, so viele Bemühungen er auch, es zu verändern, anwandte. Er ließ dies homogene Licht sich durch Prismen brechen, und von Körpern, welche im Tageslichte andere

m) Philos. Trans. n. 80. sqq. 1672 - 1688. und *Newtoni* opuscula ex edit. *Io. Castillionei.* T. II. Laus. et Gen. 1744. 4. opusc. XVIII. pars II. p. 181. sqq. u. *Newtoni* optice. lib. I. pars II.

dere Farben hatten, reflektiren, er ließ es durch gefärbte Körper hindurchgehen, fieng es mit farbigen Luftscheibchen auf, so wie sich diese Farbe zwischen zwey an einander gedruckten Glasplatten zeigt, und veränderte überhaupt auf mancherley Art die Figur des Strahls; aber nie konnte er eine neue Farbe zuwege bringen. Durch Zusammenziehung und Zerstreuung wurde es zwar heller und matter; allein die Gattung blieb unveränderlich.

4. Durch die Vermischung ungleichartiger Lichtstrahlen lassen sich Farben zu Stande bringen, welche zwar den homogenen Farben ähnlich zu seyn scheinen, allein das Unveränderliche des einfachen Lichts auf keine Weise besitzen; vielmehr werden sie wieder durchs Prisma in die einfachen Farben, die sie vor der Vermischung hatten, zerlegt. Wenn z. B. blaues und gelbes Pulver wohl mit einander vermischt sind, so zeigt sich diese Mischung dem bloßen Auge grün, und gleichwohl sind die Farben der einzelnen Theile dabey nicht wirklich verändert, sondern nur mit einander vermengt, weil sie durchs Mikroskop noch immer blau und gelb erscheinen.

5. Diejenigen Farben, welche durch die Brechung im dreyseitigen Prisma entstehen, nennt Newton einfache, gleichartige, homogene Farben, Grundfarben, prismatische Farben, ursprüngliche Farben. Diese Farben sind, nach der Ordnung der geringsten Brechbarkeit gerechnet, roth, orange, gelb, grün, blau, indigo und violet, nebst einer unendlichen Menge von Schattirungen zwischen diesen. Wenn diese Farben mit einander gemischt werden, so heißen sie gemischte oder zusammengesetzte Farben, wovon einige

 den

den Grundfarben ähnlich sind, ob sie gleich jederzeit durchs Prisma wieder in einfaches Licht zerlegt werden können.

6. Wenn Farben, welche in der Reihe der prismatischen Farben nicht gar zu weit von einander entfernt sind, mit einander vermischt werden, so werden sie einander so verändern, daß daher die in der Mitte zwischen ihnen liegende Farbe entsteht; dieß geschieht aber nicht, wenn sie zu weit aus einander liegen. So geben gelb und blau grün, roth und gelb orange, orange und gelblichgrün gelb u. s. w., hingegen orange und indigo geben nicht das zwischen ihnen liegende grün, roth und blau nicht gelb u. s. f.

7. Keine Farbe ist auf eine so sonderbare und wunderbare Art zusammengesetzt wie die weiße. Diese hervorzubringen werden alle Grundfarben nach gewissen Verhältnissen der Mischung erfordert. Oft nahm Newton mit Verwunderung alle prismatische Farben gehörig wieder zusammengebracht in ein völlig weißes vereintes von dem Sonnenlichte nicht verschiedenes Licht wahr, gerade so, wie es sich vor der Zerstreuung durchs Prisma zeigt. Nur alsdann, wenn die Sammlungsgläser nicht ganz rein waren, neigte es sich ein wenig zu der Farbe desselben.

Dieß mit gehöriger Genauigkeit wahrzunehmen, dient folgender Versuch: es wird in einem verfinsterten Zimmer eine runde Oefnung von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser im Fensterladen gemacht, um eine hinreichende Menge Sonnenlicht zu erhalten; vor diese Oefnung wird ein Prisma gebracht, in welchem sich das aufgefangene Licht nach dem andern Ende des Zimmers hin bricht. Hinter das Prisma wird ein Linsenglas so angebracht, daß es alle Strahlen des farbigen Bildes

des

des auffängt, in welchem diese zusammen gesammlet, und hinter demselben in einen Brennraum vereinigt werden. Werden diese alsdann an dieser Stelle mit einem weißen Blatte Papier aufgefangen, so entsteht dadurch wegen der Vermischung der Farben ein weißes Bild. Wird bey diesem Versuche das weiße Papier hin und her bewegt, so wird man nicht allein die Stelle treffen, wo das weiße Bild am vollkommensten ist, sondern man wird auch dadurch gar leicht wahrnehmen, wie sich die Farben der Weiße allmählich nähern, und sich endlich darin verlieren; und wie die Strahlen jenseits der Stelle der völligen Weißen, wo sie sich kreuzten, wieder aus einander fahren, und nun in umgekehrter Ordnung dieselben Farben, wie diesseit des weißen Bildes, darstellen. Wenn man eine oder mehrere Farben auffängt, ehe sie noch in den Brennraum kommen, so wird statt der weißen eine andere gemischte Farbe entstehen. Newton erhielt dieß sehr leicht dadurch, daß er das weiße Papier im Brennraum in eine sehr schiefe Lage brachte, in welchem Falle einige Strahlen noch eher aufgefangen wurden als sie in den Brennraum kamen, andere aber erst hinter dem Brennraume. Wenn man also ein vollkommen weißes Bild haben will, so müssen nicht allein alle Strahlen des farbigen Bildes von der Linse aufgefangen werden, sondern es müssen auch alle in dem Brennraume gesammelten Strahlen auf das weiße Papier senkrecht auffallen.

Hieraus folgert nun Newton, daß Weiß, die gewöhnliche Farbe des Lichts, eine Vermischung aller farbigen Strahlen sey, welche von den verschiedenen Theilen leuchtender Körper herkommen. Sind also die einfachen Strahlen im gehörigen Verhältnisse der

Mi-

Mischung vorhanden, so entsteht daraus die weiße Farbe; ist aber eine Gattung vor der andern in grösserer Menge da, so wird die Farbe des Lichts sich nach der Farbe dieser Strahlen hinneigen, wie z. B. bey der blauen Farbe des Schwefels, der gelben Flamme einer Kerze u. s. f.

Bey den Versuchen über die Unmöglichkeit, die einfachen Farben zu verändern, bemerkt Newton, daß das Zimmer sehr dunkel seyn müsse, damit sich nicht einiges zerstreutes Licht mit der einfachen Farbe vermische, und diese dadurch in eine zusammengesetzte verwandle. Ueberdem erinnert er, daß es nöthig sey, die Farben noch besser von einander zu sondern, als es mit einem einzigen Prisma möglich ist. Denn im entgegengesetzten Falle müsse man nach dem Verhältnisse der Mischung auf einige Veränderung der Farbe rechnen.

Aus den bisher angeführten Versuchen hatte nun Newton zur Genüge erwiesen, daß das Sonnenlicht aus Strahlen von verschiedener Brechbarkeit zusammengesetzt sey. Daraus ließ sich nun auch sehr leicht vermuthen, daß die Farben natürlicher Körper von dergleichen Strahlen entstehen, indem sie gerade diese Farbe zeigen würden, welche sie zurückwerfen. Um aber seine Theorie von der Beschaffenheit der Farben natürlicher Körper unmittelbar darzuthun, erdachte Newton folgende Versuche.

Er nahm ein länglichtes und steifes Stück schwarzes Papier in Gestalt eines Parallelogramms, und theilte es durch eine auf die längern Seitenlinien senkrechte Querlinie in zwey gleiche Theile. Den einen dieser Theile überzog er mit einer rothen, den andern mit

einer

einer blauen Farbe. Nachdem er nun dieß Papier durch ein Prisma, den brechenden Winkel aufwärts gekehrt, betrachtete, so fand er, daß die blaue Hälfte durch die Brechung mehr erhoben ward als die rothe; daß im Gegentheil, wenn der brechende Winkel unterwärts gekehrt war, die blaue Hälfte niedriger erschien als die rothe. Hieraus war also klar, daß in beyden Fällen das Licht von der blauen Hälfte durch das Prisma stärker gebrochen ward, als das, welches von der rothen Hälfte herkam [n]).

Um dieses blau und roth gefärbte Papier wickelte er einen feinen seidenen schwarzen Faden, und stellte es an der Wand so, daß die eine gefärbte Hälfte zur Rechten und die andere zur Linken sich befand. Hiernächst erleuchtete er es durch eine nahe gebrachte Kerze sehr stark, und brachte 6 Fuß von dem Papiere ein $4\frac{1}{4}$ Zoll breites Linsenglas, um die Strahlen, welche von den verschiedenen Punkten des Papiers herkamen, aufzufangen, und sie hinter demselben in der nämlichen Entfernung in gleich vielen Punkten wieder zu vereinigen, damit auf diese Art ein Bild des farbigen Papiers auf einem weißen Papiere daselbst entworfen werden möchte. Darnach bewegte er das Papier vor- und rückwärts, und bemerkte genau die Stellen, wo die Bilder der rothen und der blauen Hälfte des gefärbten Papiers am deutlichsten sich darstellten. Dieß fand er sehr leicht mit Hülfe der schwarzen Linien, welche der umwundene schwarze seidene Faden vorstellte; diese waren nämlich auf der einen Hälfte des Papiers kaum zu erkennen, wenn die andere Hälfte am deutlichsten ausfiel; so stellte sich die rothe Hälfte am deutlichsten und die blaue Hälfte undeutlich dar, wenn

n) Optice. lib. I. p. I. prop. I. exp. I. p. 13. sq.

wenn die schwarzen Linien darauf kaum zu erkennen waren; im Gegentheil erschien die blaue Hälfte am deutlichsten und die rothe undeutlich, wenn man die schwarzen Linien auf letzterer kaum erkennen konnte. Die beyden Stellen, wo diese Bilder am deutlichsten ausfielen, waren 1½ Zoll von einander, und gerade so viel war der Vereinigungspunkt der blauen Lichtstrahlen, als der brechbarsten, dem Linsenglase näher.

Uebrigens bemerkt Newton noch, daß beyde Farben aus Lichtstrahlen von verschiedener Brechbarkeit bestanden hätten, so daß im rothen Lichte einige nicht weniger brechbare Strahlen als in dem blauen, und in dem blauen einige nicht mehr brechbare als in dem rothen beygemischt waren. Allein ihre Anzahl war im Verhältnisse des ganzen Lichts nur gering, mithin konnten sie bloß den Erfolg des Versuchs vermindern, aber nicht ganz vernichten. Wenn die beyden Farben, die blaue und rothe, blasser waren, so hatten die Bilder eine Entfernung von einander, welche geringer als 1½ Zoll war; zeigten sie aber mehr Glanz, so waren ihre Bilder mehr als 1½ Zoll von einander entfernt o).

Das bisher Angeführte enthält bloß diejenigen Untersuchungen, woraus Newton mit Recht auf die verschiedene Brechbarkeit des Lichts schloß. Er blieb aber hiebey noch nicht stehen, sondern suchte auch die Grenzen einer jeden Farbe im länglichten Bilde näher zu bestimmen. Er hat gefunden, daß eine jede Gattung von farbigem Lichte für sich ein kreisrundes Bild zu Stande bringe; allein er konnte nicht genau angeben, wo die eine Farbe aufhörte, und die andere anfieng.

o) Optice. lib. I. p. I. prop. I. exper. II. p. 15. sqq.

anfieng. Den Grund hievon suchte er ganz richtig in folgendem: Eine jede Art von den sieben bemerkbaren Gattungen des farbigen Lichts in dem prismatischen Farbenbilde besteht aus unendlich verschiedenen brechbaren Strahlen. Betrachtet man zuerst die äußersten violetten Strahlen, als welche die größte Brechbarkeit besitzen, so würden sie für sich allein ein kreisrundes Bild der Sonne auf der weißen Wand machen müssen, wenn das Prisma die gehörige Stellung hat. Kommen nun hiezu noch die zunächst darauf folgenden minder brechbaren violetten, so würden auch diese einen violetten Kreis bilden, welches das Bild der Sonne ist, dessen Mittelpunkt aber mit dem des vorigen nahe zusammenfällt. Auf diese Art geht es nun fort durch alle unzählige Gattungen des violetten Lichts bis zu den am meisten brechbaren Gattungen der indigoblauen Strahlen u. s. w., bis herab zu den am wenigsten brechbaren rothen. Es entstehen also lauter in einander fließende Kreise der unzählig verschiedenen Arten des farbigen Lichts, wodurch es also unmöglich wird, scharfe Grenzlinien der beobachteten Farben wahrzunehmen.

Könnten diese Kreise, sagt er, ohne die Lage ihrer Mittelpunkte zu verändern, im Durchmesser kleiner gemacht werden, so würden sie nicht so sehr in einander fließen, und es würde folglich die Vermischung der heterogenen Strahlen im gleichmäßigen Verhältnisse vermindert werden. Dieß ließe sich zu Stande bringen, wenn man außerhalb des Zimmers in einer großen Entfernung vom Prisma gegen die Sonne hin einen dunkeln Körper mit einem runden Loche in der Mitte anbringen könnte, um dadurch alles Sonnenlicht, außer demjenigen von der Mitte ihrer Scheibe, abzu-

abzuhalten. Statt dieses dunkeln Körpers machte er aber die Einrichtung so, daß er sich hiezu eines kleinen Lochs im Fensterladen und eines Linsenglases auf folgende Art bediente.

Ohngefähr 10 bis 12 Fuß von dem Fenster brachte er ein Linsenglas in das Sonnenlicht, das durch eine sehr kleine runde Oefnung im Fensterladen ins dunkle Zimmer fiel, wodurch das Bild des Lochs in einer Entfernung von 6, 8, 10, 12 Fuß, nach Beschaffenheit der Linse, auf einem weißen Papiere entworfen wurde. Gleich hinter dieser Linse stellte er das dreyseitige Prisma, welches das gebrochene Licht aufwärts oder zur Seite hinlenkte. Hiernächst bewegte er das Papier, womit er das länglichte Sonnenbild auffieng, so lange hin und her, bis er die Stelle fand, wo die geradlinichten Seiten des Bildes recht deutlich wahrzunehmen waren. Auf diese Art waren die kreisrunden Bilder des Lochs, woraus das länglichte Bild zusammengesetzt war, sehr deutlich ohne Halbschatten begrenzt, liefen so wenig als möglich in einander, und die Vermischung der heterogenen Strahlen war überaus gering. Nachdem er ein größeres oder kleineres Loch in den Fensterladen gebrauchte, machte er nach Belieben die kreisrunden Bilder größer oder kleiner, und veränderte die Mischung der Strahlen in dem länglichten Bilde, wie er wollte. Die Breite desselben machte er 40, und bisweilen 60 bis 70 mal kleiner als die Länge.

Statt eines runden Lochs schlägt Newton eine Oefnung in Gestalt eines Rechtecks vor, dessen Länge mit dem Prisma parallel ist. Denn wenn dieß 1 bis 2 Zoll lang und nur $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{20}$ Zoll breit ist, so wird das Licht des Bildes so gut von einander gesondert seyn

seyn, wie vorher, und zugleich wird das Bild breiter und daher bequemer zu den Versuchen seyn. Auch empfiehlt er statt dieser Oefnung eine in Gestalt eines gleichschenklichten Dreyecks zu wählen, dessen Grundlinie etwa $\frac{1}{10}$ Zoll, und dessen Höhe 1 Zoll und darüber betragen möge. Denn auf diese Art wird, wenn die Axe des Prisma mit der Höhe dieses Dreyecks parallel ist, das länglichte Bild aus lauter gleichschenklichten Dreyecken bestehen, welche sich nach der Größe und Gestalt der Oefnung richten. Bey den Grundlinien laufen diese Dreyecke ein wenig in einander, aber nicht bey ihren Spitzen. Daher ist das Licht an der hellern Seite, wo die Grundlinien der Dreyecke liegen, etwas zusammengesetzt, an der dunklern Seite hingegen völlig ungemischt. Bey einem solchen Bilde lassen sich nun mancherley Versuche entweder in dem hellern aber nicht so reinen Lichte, oder in dem schwächern aber einfachern Lichte nach Belieben anstellen.

Hiebey bemerkt er aber, daß zu diesen Versuchen das Zimmer sehr dunkel, das Linsenglas sehr gut, das Prisma ohne Adern und Blasen, wohl polirt und mit vollkommenen ebenen Seiten seyn müsse. Der Winkel desselben muß etwa 65 oder 70° halten. Ueberdieß müssen nicht allein die Ecken des Prisma, sondern auch der Rand des Linsenglases, in so fern dadurch eine unordentliche Brechung verursacht werden könnte, mit schwarzem aufgeleimten Papiere bedeckt werden. Alles Licht, das beym Versuche unnütz seyn würde, muß mit schwarzem Papiere oder auf eine andere Art aufgefangen werden. Weil es schwer fällt, zu diesen feinen Versuchen schickliche Glasprismen zu erhalten, so nahm Newton bisweilen prismatische

Gefäße, welche aus Stücken von Spiegelglas zusammengesetzt waren, und füllte sie mit Regenwasser, worin er, um die Brechung zu vergrößern, bisweilen viel Bleyzucker auflößte p).

Nachdem nun Newton die Seitenlinien des Farbenbildes auf vorbeschriebene Art recht deutlich begrenzt erhalten hatte, so zeichnete er den Umriß auf ein Papier, und ließ das Bild genau auf die Zeichnung fallen. Hierauf ließ er durch einen andern Gehülfen, welcher die Farben sehr genau unterscheiden konnte, die Grenzen einer jeden Hauptfarbe (fig. 7) bey e, f, g, h, i, k mit Querlinien bezeichnen. Diese Operation wurde oft so wohl auf demselben als auch auf andern Papieren wiederholt, und die Beobachtungen stimmten sehr gut mit einander zusammen. Wenn nun ac bis d verlängert wurde, so daß cd = ac genommen, und die ganze Länge ad so eingetheilt ward, daß ad, ed, fd, gd, hd, id, kd, cd sich wie 1, $\frac{8}{13}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{1}{2}$ verhielten, so fand er in dem Zwischenraum ck roth, in ki orange, in ih gelb, in hg grün, in gf blau, in fe indigo, und in ea violet. Diese Intervalle stimmten auf eine sehr wunderbare Weise mit den Zahlen der weichen musikalischen Tonleiter überein, wenn diese angeführten Zahlen die Längen der Saiten für den Grundton, die große Sekunde, kleine Terze, Quarte, Quinte, große Sexte, große Septime und Oberoktave ausdrücken.

Weil aber diese Zwischenräume die Unterschiede der Brechungen derjenigen Strahlen, welche nach den Grenzen der vorhin genannten Farben, d. i. nach den Punkten k, i, h, g, f, e hingehen, in sich fassen

p) Optice, lib. I. p. I. prop. IV. p. 44. sqq.

so lassen sich diese Zwischenräume ohne merklichen Irrthum den Unterschieden der Brechungssinus dieser Strahlen bey einem gemeinschaftlichen Einfallssinus proportional setzen. Da nun das Brechungsverhältniß der am meisten und am wenigsten brechbaren Strahlen, beym Uebergange aus Glas in Luft, wie 50:78 und 50:77 gefunden worden war, so muß man den Unterschied zwischen 77 und 78 in demselben Verhältnisse mit der Linie ac eintheilen, und auf solche Art hat man die Zahlen 77, $77\frac{1}{8}$, $77\frac{1}{5}$, $77\frac{1}{2}$, $77\frac{2}{3}$, $77\frac{7}{9}$, 78 für die Brechungssinus der verschiedenen Strahlen aus Glas in Luft, da 50 der gemeinschaftliche Einfallssinus aller Strahlen ist. Es ist demnach der Einfallssinus aller rothen Strahlen gegen den Brechungssinus nicht größer als 50 gegen 77, und nicht kleiner als 50 gegen $77\frac{1}{8}$, mithin liegen die Brechungsverhältnisse der Strahlen, welche die Empfindung einer rothen Farbe erregen, zwischen den Grenzen 50:77 und 50:$77\frac{1}{8}$. Auf gleiche Art ergeben sich die Grenzen der Brechungsverhältnisse aller übrigen Farben [q]).

Nachdem Newton gezeigt hatte, daß das Sonnenlicht aus verschiedentlich gefärbten nach einem gewissen Verhältnisse mit einander vermischten Strahlen zusammengesetzt sey, so führt er eine andere Reihe von Versuchen an [r]), aus welchen er den durch einen schon oben angeführten Versuch dargethanen Satz beweißt, daß das weiße Licht entstehen müsse, wenn alle Grundfarben gehörig wieder mit einander vermischt werden; ferner zeigt er, daß das Sonnenlicht verschie-

denes

q) Optice. lib. I. Par. II. prop. III. p. 90. sqq.

r) ibid. prop. V.

dentlich gefärbt erscheinen müsse, wenn ein oder d
andere einfache Strahl aufgefangen und zurückgehalt
werde. Endlich bemerkt er aber noch, daß zwar a
Farben, welche in ihrer Vermischung die weiße Far
bilden, nach und nach nach derjenigen Ordnung
scheinen, nach welcher sie aufgefangen werden; alle
daß sie, wenn man sie sehr schnell auf einander folg
läßt, doch nur ein weißes Bild darstellen, ungeach
ganz gewiß jeden Augenblick nur eine Farbe vorhand
ist. Daher schließt er, daß die Farben, welche,
dem sie auf einander folgen, ein weißes Bild darst
len, um desto mehr in der innigsten Verbindung,
im Sonnenlichte, die Empfindung der weißen Fa
erregen werden.

Um es noch mehr zu erweisen, daß die wei
Farbe wirklich aus allen Farben zusammengesetzt s
nahm er verschiedene gefärbte Substanzen, und v
mischte diese in eben dem Verhältnisse zu einand
wie er die Farben im Sonnenlichte angetroffen hat
die gefärbten Pulver, deren er sich bediente, zeigt
zwar anfänglich nur eine graulich weiße Farbe; all
es war wirklich ein dunkles Weiß, oder Weiß n
Schatten vermengt. Denn sobald er die Mischu
in ein starkes Licht stellte, so ward sie glänzend wei
so daß ein Freund, der ihn eben besuchte, als er n
diesen Versuchen beschäftigt war, und welcher ni
wußte, was Newton vorhatte, die Mischung u
ter diesen Umständen für eben so weiß, wie ein Sti
feines weißes Papier, das er damit verglich, erklärte

Endlich giebt Newton noch eine sinnreiche M
thode an, aus andern gegebenen Verhältnissen d
Grundfarben, als sie erfordern, um eine völlig wei
Far

*) Optice. lib. I. Par. II. prop. V. exper. XV.

Farbe hervorzubringen, diejenige Farbe, welche durch ihre Vermischung entsteht, zu finden. Man beschreibe aus dem Mittelpunkte (fig. 8.) o einen Kreis adf, und theile seine Peripherie in 7 Theile, welche sich wie die musikalischen Intervalle in einer Oktave d. i. wie die Zahlen $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{9}$ verhalten. Der erste Theil de stellt die rothe, der zweyte die orange, der dritte fg die gelbe Farbe u. s. f. vor. Hiebey muß man sich aber gedenken, daß alle diese Farben allmählich sich eine in die andere verlieren. Ferner sey p der Schwerpunkt des Bogens de, und q, r, s, t, u, x die Schwerpunkte der übrigen Bogen ef, fg u. s. Um diese Schwerpunkte beschreibe man Kreise, welche sich wie die Menge der Strahlen in jeder Farbe der gegebenen Mischung verhalten. Hiernächst suche man den Schwerpunkt aller dieser Kreise, welcher in z falle, so wird, wenn man eine Linie durch o und z zeichnet, der Punkt y, wo sie die Peripherie des Kreises trift, die Farbe der Mischung anzeigen, und die Linie oz wird der Stärke der Farbe proportional seyn oder zeigen, wie weit sie von der weißen Farbe absteht. Es ist aber zu bemerken, daß, wenn nur zwey Hauptfarben, welche einander diametral entgegengesetzt sind, in gleichem Maaße genommen werden, der Punkt z in den Mittelpunkt o fällt; gleichwol ist der Erfolg nicht dieser, daß daher eine völlig weiße Farbe entsteht, sondern es wird dadurch nur eine matte namenlose Farbe erzeugt. Ob sich aus drey in gleichen Weiten auf der Peripherie genommenen Farben ein vollkommenes Weiß hervorbringen lasse, weiß er nicht; indessen zweifelt er nicht, daß sich dies mit 4 oder 5 Farben bewerkstelligen lasse. Jedoch hält er dies für eine bloße Neugierde, welche zur Erklärung der Naturphänomene nichts beytrage,

indem alle weiße Farben, welche die Natur erzeu
aus allen Grundfarben in gehöriger Mischung zus
mengesetzt wären. Uebrigens giebt Newton diese j
Regel nicht für mathematisch richtig, sondern nur
eine Näherung aus *).

Nachdem nun Newton die Theorie der F
ben richtig entwickelt hatte, so machte er davon n
mehr verschiedene fruchtbare Anwendungen zur
klärung verschiedener Naturerscheinungen.

Zuerst bestimmt er, wie es zugehe, daß an ei
Gegenstande, welchen man durch ein Prisma betr
tet, allein der Rand mit gewissen Farben und in ei
gewissen Ordnung gefärbt erscheine. Es sey (fig
ABC ein Prisma, auf welches durch eine Oeffn
Ff, welche fast so breit, wie das Prisma selbst,
Sonnenlicht fällt. MN sey ein weißes Papier, w
ches das im Prisma gebrochene Licht auffängt, so
die am meisten brechbaren, oder die dunkelsten violet
Strahlen den Raum Pp einnehmen, die am wenigs
brechbaren oder hellrothesten den Raum Tt,
mittleren zwischen den indigoblauen und blauen
Raum Qq, die grünen von der Mittelgattung
Raum Rr, die zwischen gelb und orange fallenden
Raum Ss, und die übrigen Gattungen die dazwisc
fallenden Räume. Wenn nun das weiße Papier M
dem Prisma so nahe ist, daß die Räume PT u
pt nicht in einander fallen, so wird der Raum T
von Strahlen aller Gattungen im gehörigen Verhä
nisse ihrer Menge erleuchtet, mithin weiß erschein
Aber die Räume PT und pt oben und unten erh
ten nicht Strahlen von allen Arten, und werden fa
lich gefärbt scheinen. Weil das Sonnenlicht ni

v

*) Optice. lib. I. Par. II. prop. VI. p. 111. sqq.

völlig weiß, sondern ein wenig ins gelbliche fällt, so werden die überschießenden gelben Strahlen durch ihre Vermischung mit dem blassen Blau zwischen S und T eine grünliche Farbe erzeugen. Es werden daher die Farben von P bis t in folgender Ordnung auf einander folgen: violet, indigo, blau, blaßgrünlicht, weiß, blaßgelb, orange, roth. So, sagt Newton, verhalte sich die Sache nach der Rechnung, und die Erfahrung werde sie bestätigen.

Alles dies findet aber nur statt, wenn das weiße Papier zwischen dem Prisma und dem Punkte X, wo die Farben sich mit einander vereinigen und die weiße Farbe verschwindet, seine Stelle hat. Denn wenn das weiße Papier weiter vom Prisma absteht, so werden alsdann die am meisten und wenigsten brechbaren Strahlen in der Mitte nicht vorhanden seyn, und die übrigen Strahlen werden daselbst ein lebhafteres Grün zu Stande bringen; auch das Gelbe und Blaue wird weniger zusammengesetzt, und daher stärker seyn. Alles so, wie es die Erfahrung zeigt.

Wenn man einen weißen Körper, welcher mit einem schwarzen oder dunkeln umgeben ist, durch ein Prisma betrachtet, so wird der Rand farbicht erscheinen, wovon der Grund in dem bereits Angeführten liegt. Ist im Gegentheil ein schwarzer Körper mit einem weißen umgeben, so werden alsdann die Farben, die man durchs Prisma an ihnen wahrnimmt, dem Lichte des weißen Körpers zuzuschreiben seyn, welches sich in den dunkeln hinein erstreckt; daher erscheinen sie auch in der verkehrten Ordnung, als wenn ein weißer Körper mit einem schwarzen umgeben ist. Eben dieß gilt auch von einem Körper, dessen Theile ungleich erleuchtet sind. Denn an den Grenzen der

ungleich hellen Theile müssen wegen des stärkern Licht der erleuchteten Theile aus eben den Ursachen Farbe entstehen, und sie müssen von eben der Art seyn un in derselben Ordnung folgen, als wenn die dunkler Theile schwarz wären; nur werden sie matter und blä ser seyn t).

Bey dem Prisma findet noch eine andere mer würdige Eigenschaft statt, welche nach den gewöhnl chen Farbentheorien ganz unerklärbar ist, und welch Newton nach seiner Theorie zu erklären sich bemüh Die Erscheinung ist folgende. Das Prisma (fig. 10 ac sey in freyer Luft und der Beobachter betrachte i o die Wolken vermittelst des Lichts, welches durch d Seite ec hereinfällt, und von der Fläche abcd zu rückgeworfen wird. Hat nun das Auge nebst de Prisma eine solche Lage, daß der Einfalls- und Zu rückstrahlungswinkel etwa 40° ist, so sieht das Aug einen blauen Bogen mn, welcher von dem einen En de der Grundfläche nach den andern hinläuft, und d hohle Seite gegen den Beobachter kehrt. Dabey e scheint die Grundfläche jenseits des Bogens helle und diesseits dunkler. Dieß rührt daher. Wenn de Winkel, welchen der einfallende Strahl mit der br chenden Fläche macht, zu klein wird, so findet ga keine Brechung mehr, sondern eine Zurückwerfun statt. Zieht man nämlich von dem Auge o an d Durchschnittslinie fg die Linien ot und op unte den Winkeln opf = 50°, und otf = 49°, so wir der Punkt p die Grenze seyn, jenseits welcher kein von den am meisten brechbaren Strahlen durch d Fläche abcd kommen und gebrochen werden kann weil der Einfallswinkel solcher Strahlen so beschaffe is

t) Optice. lib. I. Par. II. prop. VIII. p. 116. sqq.

ist, daß sie nach dem Auge hin zurückgeworfen werden können. Eben so wird der Punkt t die Grenze für die am wenigsten brechbaren Strahlen, und der zwischen beyden in der Mitte liegende Punkt für die mittleren Strahlen seyn. Deßwegen werden alle Strahlen von der am wenigsten brechbaren Gattung, welche zwischen t und g auffallen, und von da nach dem Auge hinkommen können, nach demselben zurückgeworfen werden; aber allenthalben zwischen p und f werden viele dieser Strahlen durch die Fläche abcd gehen und gebrochen werden. Daher muß die Fläche abcd zwischen t und g wegen der völligen Zurückwerfung der Strahlen weiß und helle aussehen, dagegen die zwischen p und f wegen des Durchganges vieler Strahlen blaß und dunkel scheinen wird. Hingegen in den Stellen zwischen t und p, wo die Strahlen von der brechbarsten Gattung alle reflektiren, die von den andern Gattungen aber zum Theil alle durchgehen, werden die am meisten brechbaren wegen ihrer größern Menge die Fläche abcd mit der ihr eigenen Farbe, nämlich violet und blau färben [u]).

Hiernächst geht Newton fort zur Anwendung seiner Farbentheorie auf die Erklärung der prächtigen Erscheinungen am Regenbogen. Er fängt seine Untersuchung da an, wo sie Cartesius hatte müssen liegen lassen. Dieser vermochte es nämlich nicht, einen guten Grund anzugeben, warum der Regenbogen farbigt sey; noch viel weniger aber konnte er bestimmen, warum die Farben sich an ihm in einer gewissen Ordnung zeigen.

Die

u) Optice. lib. I. Par. II. prop. VIII. exper. XVI. p. 119. sqq.

Die Theorie vom Regenbogen, so wie sie m
Hülfe der höhern Mathematik nach Newtons Grü
den schon in diesem Zeitraume vorgetragen ist, ber
het auf solchen richtigen Sätzen, deren sich die Phy
wenige dieser Art rühmen kann. Schon deßweg
muß sie also dem Physiker wichtig seyn, wiewol
freylich wieder ein einleuchtendes Beyspiel abgieb
wie wenig er ohne Kenntniß der höhern Mathema
fortzukommen vermöge. Noch wichtiger bleibt
aber für die Geschichte der Physik, indem sie d
herrlichste Beyspiel abgiebt, mit welchem unermüdet
Eifer die damaligen Mathematiker die seit so wen
Jahren entdeckte höhere Mathematik so sehr vervo
kommnet hatten, daß sie daher alle Phänomene a
Regenbogen vollständig zeigen konnten. Nach Ne
ton's Grundsätzen beruhet diese Theorie kürzlich a
folgenden.

Es sey (fig. 11.) afbd eine Kugel von ei
durchsichtigen Materie, z. B. Wasser, auf welche
Sonne von der einen Seite her scheine. Alle
Strahlen, welche von der Sonne S herkommen,
fd, fa u. s. f. können als unter sich parallel angeseh
werden. Derjenige Strahl, welcher nach dem M
telpunkte c gerichtet ist, geht ungebrochen bis an
Hinterfläche der Kugel, wo ein Theil davon wie
zurückgeworfen wird, der folglich durch den Mitt
punkt c nach a zurück in sich selbst geht, und hier u
gebrochen wieder in af fällt. Andere Strahlen ab
wie z. B. fd, werden an der Vorderfläche der Ku
gebrochen. Dieser Strahl fd erhält nämlich in
Kugel die Lage de, fällt in dieser Richtung auf
Hinterfläche in e, wo ein Theil zwar hindurch ge
ein anderer Theil aber doch zurückgeworfen wird,
d

daß der Winkel $\beta = \gamma$ ist, wie es das Gesetz der Reflexion erfordert. Dieser zurückgeworfene Theil kommt bey f wieder an die Vorderfläche, wo er beym Ausgange nach fg hin gebrochen wird. Befindet sich nun ein Zuschauer in g, so daß er sein Gesicht gegen die Kugel, und die Sonne hinter sich hat, so erhält er von f aus einen Theil des auffallenden Sonnenstrahls sd, welcher durch eine doppelte Brechung in d und f, und eine Reflexion in e ins Auge kömmt, nach einer Richtung fg, welche mit der Linie durch die Sonne und das Auge des Zuschauers, oder mit gk den Winkel x macht. Nun treffen die Vorderfläche der Kugel unzählige Strahlen alle mit sd parallel, wovon ein jeder einen andern Weg nach der Brechung in der Kugel nimmt, und auf solche Art giebt es für jedes d auf der Vorderfläche ein bestimmtes ihm zugehöriges f auf selbiger, und einen andern Winkel x. Es wird folglich das auffallende Sonnenlicht durch alle Stellen der Kugel nach unzähligen Richtungen zerstreut, und dadurch unmerklich gemacht. Inzwischen kann es doch auf der Kugel eine Stelle geben, wo die nahe nebeneinander ausgehenden Strahlen mit einander parallel sind, wie solches die fig. 12 vorstellt. Dieser Fall wird eintreten, wenn Sonnenstrahlen auf Stellen, wie d und l, treffen, welche nach der Brechung in einerley Punkt e der Hinterfläche der Kugel zusammenkommen. Denn alsdann werden sie bey e unter eben den Winkeln reflektirt, treffen in der Vorderfläche die Stellen f, m, und werden da wieder in Lagen gebrochen, die unter sich parallel sind, so wie es das Brechungsverhältniß verlangt. An einer solchen Stelle aber wird das ausgehende Licht durch keine Divergenz geschwächt, mithin muß es das entfernte Auge weit stärker rühren, als das Licht der

übri-

übrigen Stellen, welches in divergirenden Strahlen ausgeht, oder dessen Strahlen sich durchkreuzen. Man nennt daher auch die parallel ausgehenden Strahlen f, m, die wirksamen Strahlen (radii efficaces), und es kommt bey der Theorie des Regenbogens darauf an, die Stellen auf der Kugelfläche, wo diese Strahlen hinfallen, und den Winkel x zu finden, welchen die Richtung derselben beym Ausgange mit der beym Eingange macht. Es ist übrigens leicht einzusehen, daß sich der Winkel x an der Stelle der wirksamen Strahlen nicht ändern darf, wenn sich gleich die Stellen d und f ein wenig ändern. Denn weil die nahe an einander ausgehenden Strahlen mit einander parallel seyn sollen, so muß auch ihr Winkel mit einerley dritten Linie fx ein und der nämliche bleiben, und darf sich folglich nicht ändern. Die wirksamen Strahlen für jede Stelle von d zu finden, hängt bloß von der Bestimmung des Winkels x aus dem bekannten Brechungsverhältnisse ab, indem nämlich alsdann in der gefundenen Gleichung das Differenzial von x der Null gleich gesetzt wird. Hieraus ist zugleich klar, wie die höhere Mathematik zeigt, daß dieser Winkel für die wirksamen Strahlen entweder ein Größtes oder ein Kleinstes seyn müsse, weil eine jede veränderliche Größe an derjenigen Stelle, wo ihr Differenzial $= 0$ ist, entweder ein Größtes oder ein Kleinstes ist.

Man setze nun (fig. 11.) den Einfallswinkel $fdn = dca = \alpha$, den gebrochenen Winkel $cde = \beta$, so ist wegen des gleichschenklichten Dreyecks cde der Winkel $cde = ced$, also auch $= \beta$. Weil ferner der reflektirte Strahl ef mit dem einfallenden de einerley Winkel macht, so muß auch $\beta = \gamma$, und

dem

demnach auch in dem gleichschenklichten Dreyecke cef der Winkel $\varepsilon = \gamma = \beta$ seyn. Daraus folgt, daß die beyden Dreyecke dcx und fcx einander gleich und ähnlich sind, mithin sich decken, und der verlängerte Halbmesser ce den Winkel x halbiren müsse. Nun hat man $\beta = \delta + \frac{1}{2}x$, folglich $\frac{1}{2}x = \beta - \delta$; ferner ist $\beta + \delta = \alpha$, weil beyde Vertikalwinkel sind, mithin $\delta = \alpha - \beta$. Daraus ergiebt sich für jedes α oder für jede Stelle d auf der Kugel $\frac{1}{2}x = \beta - (\alpha - \beta) = 2\beta - \alpha$, oder $x = 4\beta - 2\alpha$, und $dx = 4\,d\beta - 2\,d\alpha$. Für die Stelle der wirksamen Strahlen, wo $dx = 0$ seyn muß, wird daher $0 = 4\,d\beta - 2\,d\alpha$, und $2\,d\alpha = 4\,d\beta$, oder $d\alpha = 2\,d\beta$ seyn; daher auch $d\alpha^2 = 4\,d\beta^2$. Das Brechungsverhältniß aus Luft in die brechende Materie der Kugel sey $= \mu : v$, mithin $\sin. \alpha : \sin. \beta = \mu : v$, und $v . \sin. \alpha = \mu . \sin. \beta$; folglich $v . \cos. \alpha\, d\alpha = \mu . \cos. \beta\, d\beta$, und $v^2 . \cos. \alpha^2\, d\alpha^2 = \mu^2 . \cos. \beta^2\, d\beta^2 = (\mu^2 - v^2 . \sin. \alpha^2)\, d\beta^2$ A) $v^2 . \cos. \alpha^2\, d\alpha^2 = (\mu^2 - v^2 + v^2 . \cos. \alpha^2)\, d\beta^2$. Substituirt man nun in dieser letzten Formel statt $d\alpha^2$ den gleichen Werth $4\,d\beta^2$, wie er es für die wirksamen Strahlen seyn soll, so verwandelt sie sich in diese $4 v^2 \cos. \alpha^2 = \mu^2 - v^2 + v^2 . \cos. \alpha^2$, woraus dann gezogen wird B) $\cos. \alpha^2 = \frac{\mu^2 - v^2}{3 v^2}$, und $\sin. \beta^2 = \frac{4 v^2 - \mu^2}{3 \mu^2}$, so wie es Newton lehrt.

Ist die Kugel von Wasser, und das Brechungsverhältniß aus Luft in Wasser $= 4 : 3$, so giebt die Formel B) das Quadrat von $\cos. \alpha = \frac{16 - 9}{27} = \frac{7}{27} = 0{,}259259259 \ldots$ und davon die Quadratwurzel $= 0{,}50917507 \ldots$, woraus nach den trigonometri-

metrischen Tafeln $\alpha = 59^\circ\ 24'$ gefunden wird; und das Quadrat von sin. $\beta = \frac{36-16}{48} = \frac{20}{48} = \frac{5}{12}$ $= 0,41666666\ldots$ und die Quadratwurzel daraus $= 0,64549722\ldots$, woraus $\beta = 40^\circ\ 12\frac{1}{2}'$ gefunden wird. Daraus ergiebt sich nun $x = 4\beta - 2\alpha = 160^\circ\ 50' - 118^\circ\ 48' = 42^\circ\ 2'$. Mithin wird jede Wasserkugel, deren ausgehender und ins Auge fallender Strahl fg mit einer Linie aus der Sonne gk einen Winkel von $42^\circ\ 2'$ macht, an der Stelle f helles Sonnenlicht zeigen.

Gesetzt nun, das Auge (fig. 13.) g habe die Lage, daß es eine Fläche oder Wand von Wassertropfen wie b, a, siehet, wenn die Sonne hinter ihnen sich befindet, und die Fläche nach den Linien sa, sb bescheint, so werden alle diejenigen Strahlen, wie gf, welche mit gk einen Winkel von $42^\circ\ 2'$ machen, an der Wand den Bogen amn treffen. Alle Strahlen dieses Bogens müssen heller erscheinen, als die übrigen. Da nun von allen Punkten der scheinbaren Sonnenscheibe Strahlen einfallen, so wird aus dem Bogen amn ein heller Streif von concentrischen Bögen von der Breite des scheinbaren Sonnendurchmessers.

Das Auge würde daher die Erscheinung des Regenbogens wirklich als einen hellen Streifen sehen, wenn es keine Farbenzerstreuung gäbe. Weil aber diese bey jeder Brechung statt findet, mithin das Verhältniß $\mu : v$ für alle Farbenstrahlen verschieden ist, so folgt daraus, daß auch der Werth von x einer jeden Farbe ein anderer sey, und daher jede Farbe einen besondern Bogen um den Mittelpunkt k sich bilden müsse.

Nach Newton ist das Brechungsverhältniß $\mu:\nu$ aus Luft in Wasser für die rothen Strahlen 108: 81 = 4:3, für die violetten 109:81. Es gilt daher die vorige Rechnung nur für rothe Strahlen. Für die violetten Strahlen wird das Quadrat von cos. α $= \frac{11881 - 6561}{19683} = \frac{5320}{19683}$, und das Quadrat von sin. $\beta = \frac{26244 - 11881}{35643} = \frac{14363}{35643}$; woraus mittelst der trigonometrischen Tafeln $\alpha = 58^\circ 40'$, und $\beta = 39^\circ 24'$ gefunden wird. Daraus ergiebt sich also $x = 4\beta - 2\alpha = 157^\circ 36' - 117^\circ 20' = 40^\circ 16'$, als der scheinbare Halbmesser für den violetten Bogen. Hieraus erhellet, daß der violette Bogen inwendig fällt, weil er einen kleinern scheinbaren Halbmesser als der rothe Bogen hat. Es ist also die ganze Breite des farbigen Streifens dem Unterschiede der Halbmesser des rothen und des violetten Bogens gleich, wird aber doch wegen der Breite der Sonnenscheibe noch um den Sonnendurchmesser d. i. um 30′ vergrößert; mithin ist die Breite dieses Streifens $= 42^\circ 2' - 40^\circ 16' + 30' = 2^\circ 16'$.

Nach dieser Theorie des Hauptregenbogens beträgt also der kleinste Halbmesser $40^\circ 1'$, und der größte $42^\circ 17'$. Die andern Farben erscheinen zwischen der Breite des Regenbogens nach ihrer verschiedenen Brechbarkeit.

Die bey e (fig. 11.) an der Hinterfläche der Kugel zurückgeworfenen Strahlen gehen zwar bey f größtentheils aus der Kugel, ein Theil wird aber doch noch in die Lage fh reflektirt, und beym Ausgange nach hi hingebrochen. Von solchen zweymal gebrochenen

und

und zweymal reflektirten Strahlen können auch einige wirksame d. i. nahe und parallele, wie es die fig. 14. vorstellt, ins Auge g kommen. Solche Strahlen werden diejenigen seyn, welche die Vorderfläche der Kugel am untern Theile bey d treffen, sich, noch ehe sie zur Hinterfläche der Kugel kommen, durchkreuzen, von ei parallel nach fh gehen, sich daselbst nach der Zurückwerfung abermals durchkreuzen, und bey ak beym Ausgange parallel ins Auge kommen. In dieser parallelen Lage schneiden sie die nach der Sonne gehende Linie ſd unter dem Winkel w, dessen Differenzial aus eben den Gründen, wie vorher, = o seyn muß.

In dem Fünfecke ckfed, das der Weg eines solchen Strahls bildet, ist die Summe aller Winkel, wie in jedem Fünfecke, sechs rechten Winkeln gleich. Setzt man also den rechten Winkel = R, so findet man den Winkel $w = 6R - (d + k) - (e + f)$, und, weil $d = k$, und $e = f$, $w = 6R - 2d - 2e$. Nun ist aber der Winkel d der Nebenwinkel von δ, mithin $2d = 4R - 2\delta = 4R - 2\alpha + 2\beta$, und $2e = 4\beta$; mithin wird $w = 6R - 4R + 2\alpha - 2\beta - 4\beta = 2R - 6\beta + 2\alpha$, und $dw = 2d\alpha - 6d\beta$. Wird nun $dw = o$ gesetzt, so erhält man $2dx = 6d\beta$, oder $d\alpha = 3d\beta$. An dieser Stelle wird der Winkel w ein Kleinstes, und giebt den Winkel der wirksamen Strahlen.

Setzt man nun in obiger Formel A) für $d\alpha^2$ den gleichen Werth $9d\beta^2$, so verwandelt sie sich in $9v^2 . \cos . \alpha^2 = \mu^2 - v^2 + v^2 . \cos . \alpha^2$, woraus gezogen wird C) $\cos . \alpha^2 = \frac{\mu^2 - v^2}{8v^2}$, und $\sin . \beta^2 = \frac{9v^2 - \mu^2}{8\mu^2}$; so wie es auch Newton lehrt.

Ist

Ist das Brechungsverhältniß = 4 : 3, so findet man das Quadrat von cos. $\alpha = \frac{16-9}{72} = \frac{7}{72}$, und das Quadrat von sin. $\beta = \frac{81-16}{128} = \frac{65}{128}$, woraus mittelst der trigonometrischen Tafeln $\alpha = 71^\circ\ 50'$, und $\beta = 45^\circ\ 57'$ gefunden wird. Es ist also der Werth von $w = 180^\circ + 134^\circ\ 40' - 272^\circ\ 42' = 50^\circ\ 58'$.

Befindet sich also das Auge (fig. 13.) g einer von der Sonne beschienenen Tropfenwand gegen über, so treffen diejenigen Gesichtslinien, welche mit gk einen Winkel von fast 51° machen, an der Wand den Bogen qhp, dessen Stellen auch wirksameres Licht, als die übrigen, ins Auge senden. Daher nimmt man auch hier einen zweyten hellen Bogen auswendig von jenem etwa um 9° entfernt wahr, welcher wegen der Größe der Sonnenscheibe eine Breite von 30′ hat. Weil aber bey jeder Brechung eine Farbenzerstreuung statt findet, so enthält eigentlich dieser Bogen bloß rothes Licht, indem das bey der Rechnung angenommene Brechungsverhältniß nur für rothe Strahlen gilt.

Für die violetten Strahlen, wo $\mu : v = 109 : 81$ ist, wird das Quadrat von cos. $\alpha = \frac{11881 - 6561}{52488} = \frac{5320}{52488}$, und das Quadrat von sin. $\beta = \frac{59049 - 11881}{95048} = \frac{47168}{95048}$, woraus $\alpha = 71^\circ\ 26'$, und $\beta = 44^\circ\ 47'$ gefunden wird. Es ist daher $w =$

$180^\circ + 142^\circ 52' - 268^\circ 42' = 54^\circ 10'$. Hieraus erhellet, daß der violette Bogen auswendig fällt, weil sein Halbmesser größer ist, als der vom rothen Bogen. Die übrigen Farbenbogen befinden sich zwischen diesen beyden Bogen, nur in einer Ordnung, welche der beym Hauptregenbogen verkehrt ist. Die Breite des ganzen Farbenbogens beträgt also $54^\circ 10' - 50^\circ 58' + 30' = 3^\circ 42'$.

Es beträgt demnach der kleinste Halbmesser $50^\circ 43'$, der größte $54^\circ 25'$. Uebrigens ist es sehr leicht zu begreifen, daß dieser äußere Regenbogen viel blässer und schwächer als der innere seyn müsse, weil er bloß von dem Ueberreste der Strahlen erzeugt wird, welche (fig. 14.) bey f nicht völlig ausgehen, und noch außerdem bey k gebrochen werden, wo auch selbst wieder ein Theil des Lichts zum drittenmale reflektirt wird. Hieraus würde ein dritter Regenbogen entstehen; allein wegen des äußerst schwachen Lichts und wegen anderer Umstände wird er nie sichtbar.

In der Natur selbst kommen bloß der Hauptregenbogen und der zweyte äußere vor. Diese beyden Bogen entstehen allemal, wenn eine regnende Wolke von der Sonne beschienen werden kann, und der Zuschauer eine solche Lage hat, daß die reflektirten Strahlen gehörig ins Auge kommen können. Es sind zwar die Tropfen, durch welche der Regenbogen gebildet wird, im Fallen, und derjenige Tropfen, welcher dem Auge rothes Licht zusendete, wird demselben in den folgenden Augenblicken gelbes, grünes und zuletzt blaues zusenden; allein es tritt an die Stelle des vorigen alle Augenblicke ein anderer Tropfen, so daß die Tropfen, welche den Regenbogen bilden, als unbeweglich angesehen werden können, so lange es regnet. Gewöhnlich ist

ist auch die Regenwolke vom Auge weiter entfernt, als der Halbmesser der Gesichtsgrenze beträgt; daher müssen nothwendig alle Farben des Regenbogens, so weit nämlich der Regenbogen geht, als Kreisbogen vom Auge gesehen werden. Demnach ist der Regenbogen selbst als ein Streifen, oder als ein Ring von der Grundfläche eines geraden Kegels zu betrachten, dessen Spitze der Mittelpunkt des Auges ist. Der Mittelpunkt des Regenbogens, das Auge und die Sonne, sind beständig in einer geraden Linie. Hieraus ist also klar, daß ein jeder Zuschauer seinen eigenen Regenbogen wahrnimmt. Wenn an einer Stelle der Wolke die Regentropfen fehlen, so bildet sich kein zusammenhangender Bogen, und man nennt ein solches kurzes Stück des Regenbogens eine Regengalle.

Man pflegt gewöhnlich zu sagen, daß der Horizont einen Theil des Regenbogens bedecke; allein es kommt hier nicht auf den Horizont, sondern vielmehr auf die Größe der regnenden Wolke an. So weit sich nämlich diese erstreckt, und so weit die Sonne sie bescheinen kann, so weit reicht auch der Regenbogen. Im platten Lande wird freylich die Tropfenwand, mithin auch der Regenbogen, vom Horizonte begrenzt. Befindet sich aber der Zuschauer in der Höhe, und sieht den Regen, auf welchen die Sonne scheint, bis in die tiefsten Gegenden fallen, so sieht er auch den Regenbogen so weit, als der Regen fällt, und es scheint derselbe mit seinen Schenkeln gleichsam auf den Feldern aufzustehen, auf welchen die vordersten Regentropfen niederfallen.

Wenn die Tropfenwand dem Auge nahe ist, und dieses eine solche Stellung hat, daß es 42° unter dem Mittelpunkte des Bogens noch Tropfen sieht, so erscheint

scheint ihm der Regenbogen als ein völliger Kreis. Dieser Fall findet statt bey Staubregen, welche von Wasserfällen, Springbrunnen u. d. gl. entstehen, wo der nahestehende Zuschauer, der die Sonne im Rücken hat, ganze farbige Kreise sieht. Wird aber die Tropfenwand von dem Horizonte begrenzt, so wird auch der Zuschauer ein desto kleineres Stück vom Regenbogen sehen können, je höher die Sonne über dem Horizonte sich befindet; denn weil der Mittelpunkt des Regenbogens, das Auge und die Sonne in einerley geraden Linie liegen, so muß auch der Mittelpunkt des Regenbogens gerade so tief unter dem Horizonte des Zuschauers liegen, als die Höhe über dem Horizonte beträgt. Ist also die Höhe über dem Horizonte 42° und darüber, so kann auch der Beobachter den Hauptregenbogen nicht mehr sehen; eben so würde er auch den Nebenregenbogen nicht mehr wahrnehmen können, wenn die Höhe der Sonne über dem Horizonte 50° und darüber ist. Fiele im Gegentheil die Sonne gerade in den Horizont des Beobachters, so würde dieser nun die Hälfte des Regenbogens übersehen können. Hieraus erhellet, warum bey uns in den längsten Tagen um Mittag in den gewöhnlichen Stellungen des Auges kein Hauptregenbogen wahrgenommen werden kann.

Die Entwickelung der bisher vorgetragenen Theorie vom Regenbogen unternahm zuerst Halley [x]). Daß durch drey und mehrere Zurückwerfungen des Lichts in den Regentropfen Bogen am Himmel entstehen könnten, führt schon Newton an, bemerkt aber dabey, daß das Licht viel zu schwach sey, um einen solchen Bogen am Himmel wirklich wahrnehmen zu

x) Philosoph. Transact. n. 257. for 1700.

zu können. Indessen lassen sich doch dergleichen Regenbogen einer Rechnung unterwerfen, und mit dieser bloß mathematischen Aufgabe beschäftigte sich ebenfalls Halley zuerst. Nachher haben mehrere Mathematiker, als Hermann, Johann Bernoulli und der Marquis de Courtivron die allgemeine Theorie vom Regenbogen abgehandelt.

Zuweilen giebt es auch ungewöhnliche Arten von Regenbogen, die man vor sich in der Luft schweben, oder auf der Erde liegen sieht. Einen solchen nahm einmal D. Langwith [y]) wahr. Dieser erstreckte sich auf der Erdfläche einige 100 Ellen fort, wo er doch noch zuletzt von einem höher liegenden Felde unterbrochen ward. Das besonders hiebey zu Bemerkende war dieß: 1. daß die Figur desselben nicht rund, sondern länglicht, und dem Augenmaaße nach ein Stück von einer Hyperbel war, 2. daß die erhabene Seite nach seinem Auge zu gekehrt, und 3. daß die Farben in den ihm zunächst liegenden Theilen des Bogens einen schmälern Raum einnahmen, und lebhafter, als in den entfernteren Theilen waren. Er erklärt die Entstehung dieses Regenbogens aus der Vergleichung desselben mit dem gewöhnlichen Regenbogen (fig. 15.) khdi, welcher sich in den Regentropfen bildet, die nicht weit von dem Auge o des Zuschauers in der Luft niederfallen, und welcher mit seinem untern Theile die Erdfläche in dem äußersten Punkte d des Horizontalregenbogens adc berührt. Wenn man den Kegel okhdi, dessen Oberfläche von den Gesichtsstrahlen gebildet wird, gehörig erweitert, so wird er von der

y) Philosoph. Transact. Vol. XXXII. n. 375. p. 241.

der Erdfläche geschnitten, und diese Durchschnittsfigur kann eine Hyperbel, eine Parabel und eine Ellipse seyn, je nachdem die Lage der Erdfläche gegen die Axe des Kegels beschaffen ist. Da nun die äußern Farben stumpfere Winkel bilden als die innern, so verursacht eine jede Farbe einen andern Bogen, und es lassen sich Fälle gedenken, wo die eine Farbe eine Hyperbel, die andere eine Parabel, und die dritte eine Ellipse bildet. Menzel [z]) hat diese Erklärung solcher horizontalen Regenbogen zur Aufgabe aufgegeben. Jakob Bernoulli [a]) hat die Auflösung in einer Dissertation ohne Beweis mitgetheilt, den aber Cramer in der Genfer Ausgabe der Bernoullischen Schriften [b]) beygefügt hat. Auch handelt hievon Webb [c]).

Derselbe D. Langwith [d]) erwähnt noch einer sonst gewöhnlichen Erscheinung beym Regenbogen. Er sahe nämlich am 21ten Aug. 1722. Abends halb sechs Uhr innerhalb des Hauptregenbogens noch einige farbige Ringe, wodurch die Breite des Bogens viel größer ward, als es nach der Rechnung seyn konnte. Die Farben des Hauptregenbogens waren wie gewöhnlich, nur die Purpurfarbe fiel sehr ins roth, und war wohl abgeschnitten. Darunter nahm er einen grünen Bogen wahr, dessen oberer Theil ins hellgelbe sich neigte, der untere aber eine dunklere grüne Farbe hatte, und unter diesem wechselten zwey röthlich purpurne und zwey grüne Bogen mit einander ab, und unter allen

z) Ephemerid. natur. curios. 1686. p. 273. sq.

a) De seriebus infinitis. Bas. 1689.

b) T I. n. 35. p. 400.

c) Philos. Transact. Vol XLVII. p. 248.

d) Ibid. Vol. XXXII. n. 375. p. 241.

allen diesen war noch ein schwacher purpurfarbiger, welcher verschiedenemal so geschwind verschwand und wieder kam, daß er ihn nicht unverwandt ansehen konnte. Es war also die Ordnung der Farben folgende: 1. roth, orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau, roth, 2. hellgrün, dunkelgrün, Purpur, 3. grün, Purpur, 4. grün, schwaches sich verlierendes Purpur. Es befanden sich also hier vier Farbenreihen, und auch wohl noch der Anfang einer fünften; denn er glaubte, das, was er Purpur nennt, für eine Mischung des Purpurs jeder obern Reihe mit dem Roth der zunächst darunter befindlichen, und das Grün für eine Mischung der mittleren Farben halten zu müssen. Diese Erscheinung sahe er nicht allein, sondern auch noch andere gegenwärtige Personen bemerkten sie. Zwey Stücke, sagt er, sind hiebey besonders merkwürdig, indem sie zur Erklärung des Phänomens dienen können: 1. die erste Reihe war viel breiter, als die andere, und, so viel er urtheilen konnte, so breit wie die übrigen zusammen. 2. Diese innern Farbenreihen sahe er niemals an den niedrigern Theilen des Regenbogens, wenn gleich diese oft viel glänzender waren, als die obern, wo sich jene Farben zeigten. Er beobachtete dieß so oft, daß er glaubte, man könnte es unmöglich als etwas Zufälliges ansehen, und schloß daraus, daß, im Fall dieß Phänomen allgemein seyn sollte, die Untersuchung dadurch in engere Grenzen gebracht werden würde, indem alsdann diese Wirkung von einer Eigenschaft des Lichts abhangen würde, welche es in den obern Theilen der Atmosphäre besitzt, aber verliert, wenn es niedriger liegt, und sich mehr mit einander vermischt.

Auch hat man bisweilen einen dritten Regenbogen wahrgenommen, dessen Entstehung gelegentlich von der Zurückstrahlung des Sonnenlichts von Wolken und vom Wasser abgeleitet wird. So sahe Senguerd e) einen Regenbogen eine Viertelstunde nach Sonnenaufgang, da der Himmel besonders in Osten mit Wolken bedeckt war. Er schloß am Horizonte mit dem Hauptregenbogen an, stand aber zu oberst von den beyden gewöhnlichen gleich viel ab. Die Farben waren an ihm, wie beym Hauptregenbogen, nur blässer. Senguerd leitet ihn von der Zurückstrahlung in den östlichen Wolken her. Estienne, Canonicus zu Chartres f), sahe am 10. Aug. 1665. einen Bogen, der von einem gebrochenen und kreisförmig gebogenen Streif durchschnitten war, mit der Bemerkung, daß zu dieser Zeit der Fluß Chartres zwischen ihm und dem Bogen 150 Schritte vor ihm gewesen sey. Er meinte nämlich, daß dieser Streif durch die Zurückwerfung der Sonnenstrahlen von dem Flusse Chartres entstanden sey. Auf eben diese Art erklärt auch Halley einen Bogen, den er im Jahre 1698 zu Chester sahe, und welcher die beyden gewöhnlichen Regenbogen durchschnitt.

Endlich wendet Newton g) seine Farbentheorie zur Bestimmung der verschiedenen Farben natürlicher Körper an. Die Farben dieser Körper entstehen daher, daß einige Körper einige Gattungen von farbigen Strahlen häufiger als andere zurückwerfen. So sendet Mennige die am wenigsten brechbaren, oder rothen,

e) Philos. natur. ed. 2da. Lugd. Batav. 1685. p. 292.
f) Histoire de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. à Paris 1743. p. 54.
g) Optice. lib. I. P. II. prop. X. p. 128. sqq.

rothen, am häufigsten zurück, und scheint daher roth; Veilchen werfen die am meisten brechbaren oder die violetten am häufigsten zurück, und überhaupt werfen alle Körper diejenigen Strahlen, welche zu ihren eigenen Farben gehören, häufiger als andere zurück. Dieß Gesagte sucht er dadurch zu bestätigen, daß Körper, welche in das durchs Prisma abgesonderte mit ihnen gleichartige Licht gestellt werden, am lebhaftesten und glänzendsten aussehen. Zinnober sieht in dem rothen Lichte am lebhaftesten aus, im grünen Lichte nicht so sehr, und im blauen noch weniger. Indigo hat den stärksten Glanz im violetblauen Lichte, und Schnittlauch im Grünen. Damit aber dergleichen Versuche mehr in die Augen fallen, muß man hiezu Körper von recht hellen Farben gebrauchen, und zwey Körper, die verschiedene Farben haben, mit einander vergleichen, wie z. B. Zinnober und Ultramarin in rothes Licht bringen, und beyde Körper gegen einander halten.

Auch muß man wohl darauf sehen, daß das Licht, in welches man die farbigen Körper stellt, gehörig abgesondert sey. Denn wenn man die gewöhnlichen prismatischen Farben, Körper zu erleuchten, gebraucht, so werden sie weder diejenigen Farben zeigen, welche sie beym Tageslichte haben, noch diejenigen, welche man durchs Prisma auf sie wirft, sondern eine gewisse mittlere, wie Versuche gelehrt haben. So wird z. B. Mennige, wenn sie von dem gewöhnlichen Grün in den prismatischen Farben erleuchtet wird, weder roth noch grün aussehen, sondern orangefarbig oder gelb erscheinen, oder auch eine zwischen grün und gelb fallende Farbe annehmen, nachdem das grüne Licht, welches man darauf fallen läßt, mehr oder

weniger zusammengesetzt ist. Denn weil Mennige im weißen Lichte, in welchem alle Gattungen von Strahlen in gehörigem Verhältnisse mit einander vermischt sind, roth scheint, in dem grünen Lichte aber die Strahlen ungleich gemengt sind, so werden die darin in größerer Menge befindlichen gelben, grünen und blauen Strahlen, der Mennige eine grünliche Farbe geben. Weil aber die Mennige auf der andern Seite die gelben Strahlen nach den rothen am häufigsten zurückwirft, so werden diese in dem zurückgeworfenen Lichte verhältnißmäßig häufiger seyn, als in dem auffallenden grünen, und die Mennige wird daher weder roth noch grün aussehen, sondern eine zwischen beyden liegende Farbe haben.

Durchsichtige gefärbte Flüssigkeiten pflegen ihre Farbe nach der Dicke zu ändern. Auf diese Weise scheint in einem kegelförmigen Gefäße eine rothe Flüssigkeit, welche man zwischen das Licht und das Auge hält, unten zunächst am Boden, wo sie dünner ist, blaßgelb, etwas höher, wo sie dicker ist, orangefarbig, wo sie noch dicker ist, roth, und wo sie am dicksten ist, dunkelroth. Man muß sich also vorstellen, daß eine solche Flüssigkeit die indigo- und vielfarbigen Strahlen am leichtesten, die blauen und grünen nicht so leicht, und die rothen am wenigsten aufhalte. Dahin gehört eine Beobachtung, welche Halley gemacht und Newton erzählt hat. Da sich nämlich jener an einem sehr sonnigen Tage unter einer Taucherglocke sehr tief ins Meer hinabgelassen hatte, so bemerkte er, daß der obere Theil seiner Hand, worauf die Sonne durchs Wasser schien, rosenfarbig, das Wasser unter ihm aber, so wie der untere Theil der Hand, grün gefärbt war. Hieraus schließt nun Newton,

ton, daß das Seewasser die violetten und blauen Strahlen am häufigsten zurückwerfe, die rothen aber ganz frey und in großer Menge bis auf eine große Tiefe durchlasse. Denn auf solche Art muß das gerade auffallende Sonnenlicht in großen Tiefen roth scheinen, und zwar desto stärker, je größer die Tiefe ist. Da aber die blauen, grünen und gelben Strahlen viel häufiger, als die rothen, von unten zurückgeworfen werden, selbst in derjenigen Tiefe, wo das violette Licht kaum durchdringen kann, so werden sie auch nothwendig die grüne Farbe erzeugen.

Wenn zwey sehr stark gefärbte Flüssigkeiten, z. B. eine rothe und eine blaue, von solcher Dicke, daß ihre Farben vollkommen erscheinen, jede für sich durchsichtig sind, so werden sie es doch nicht bleiben, wenn man durch beyde zugleich siehet. Denn wenn durch eine der beyden Flüssigkeiten die rothen Strahlen allein, und durch die andere die blauen allein hindurchgehen, so werden durch beyde zusammen gar keine kommen können. D. Hooke machte eine solche Beobachtung mit zwey gläsernen Prismen, wovon das eine mit einer rothen, und das andere mit einer blauen Flüssigkeit angefüllt war, und war über den unerwarteten Erfolg, dessen Ursache er nicht einsehen konnte, äußerst verwundert (Th. II. S. 74.). Newton hat zwar diesen Versuch nicht wiederholt, giebt aber den Rath, wenn ja jemand denselben nachmachen wollte, Flüssigkeiten von recht guter und völliger Farbe zu nehmen.

Da also die Körper eine gewisse Farbe zeigen, weil sie Strahlen von einer gewissen Gattung in größerer Menge als andere durchlassen oder zurückwerfen, so nimmt Newton an, daß sie die nicht durchgelassenen

senen oder zurückgeworfenen Strahlen aufhalten, und gleichsam verschlucken. Betrachtet man durch Blättchengold ein Licht, so scheint es grünlich blau; dichtes Gold hingegen verschluckt oder vernichtet die blauen Strahlen, und wirft nur die gelben zurück, daher es auch gelb aussieht.

Eine gleiche Bewandtniß hat es mit gewissen Flüssigkeiten, als der Tinktur des nephritischen Holzes, und mit einigen Arten von Glas, welche gewisse Gattungen von Strahlen in größerer Menge durchlassen, und andere häufiger zurücksenden, daß sie daher nach der Lage des Auges gegen das Licht verschiedentlich gefärbt scheinen. Wenn diese Liquoren und Gläser so dick und stark wären, daß sie gar kein Licht durchließen, so würden sie ohne Zweifel, wiewohl er deßhalb keinen Versuch angestellt hat, wie alle andere undurchsichtige Körper sich verhalten, und nur einerley Farbe in jeder Stellung des Auges zeigen. Denn alle undurchsichtige gefärbte Körper sind, so viel er sich durch Versuche hatte überzeugen können, im Stande, Licht durchzulassen, wenn sie nur dünn genug sind, so daß sie gewissermaaßen als durchsichtige Körper betrachtet werden können, und sich von durchsichtigen gefärbten Flüssigkeiten nur dem Grade der Durchsichtigkeit nach unterscheiden, weil auch die letztern durch eine zu große Dicke undurchsichtig werden.

Ein durchsichtiger Körper, welcher bey durchgelassenem Lichte eine Farbe zeigt, kann auch bey zurückgeworfenem Lichte mit der nämlichen Farbe erscheinen, wenn nämlich die hintere Fläche, oder die Luft hinter demselben, dergleichen farbiges Licht zurücksendet. In diesem Falle, meint Newton, könne man die Farbe vermindern, oder ganz vernichten, wenn man

den

den Körper sehr dick mache, und ihn hinten mit Pech überziehe, damit nicht die Hinterfläche, sondern die Theile des Körpers selbst, das Licht zurückwerfen möge. Alsdann, glaubt er, werde die Farbe vom reflektirten Lichte anders als vom durchgelassenen ausfallen.

Newtons Farbentheorie erhielt zwar anfänglich, wie es jeder neuen Sache aus genugsam bekannten Ursachen zu geben pflegt, verschiedene Widersprüche; allein diese wurden bald gehoben, und sie erlangte nachher den allgemein verdienten Beyfall. Um desto mehr ist es zu verwundern, daß de la Hire zu einer Zeit, wo Newton's Theorie fast allgemein angenommen ward, eine ganz hievon abweichende Vorstellung von den Farben hatte. Er erklärte nämlich alle Verschiedenheiten der Farben aus der Verschiedenheit der Stärke, womit das Licht den Sehenerven treffe; was diesen Eindruck schwäche, verändere auch die Farbe. So scheine das rothe Blut blau, wegen der darüber liegenden Haut, die Luft, welche von den Sonnenstrahlen ein weißes Licht erhalte, scheine wegen des schwarzen Grundes des unerleuchteten Weltraumes blau u. s. w.

Farben dünner Körper.

Nachdem nun Newton seine Theorie von den Farben auf eine Art, welche als Muster zu andern physikalischen Untersuchungen mit Recht empfohlen werden kann, entwickelt hatte, so geht er nun zur Untersuchung der Farben dünner Körper über, wobey er zwar auch alle seine Vorgänger bey weitem übertrift, gleichwol aber dabey weniger glücklich zu seyn scheint, als in dem ersten Theile seines Werks.

Veranlassung zu diesen Untersuchungen scheinen ihm folgende zwey Beobachtungen gegeben zu haben. D. Hooke hatte nämlich beobachtet, daß dünne durchsichtige Körper, besonders Seifenblasen, nach Maasgabe ihrer Dicke verschiedene Farben zeigen, und, wenn sie ziemlich dicke sind, farbenlos werden. Ferner bemerkte er selbst, als er zwey gläserne Prismen, welche von ungefähr ein wenig convex waren, hart an einander druckte, daß diese an der Berührungsstelle so vollkommen durchsichtig wurden, als wären beyde nur ein Stück Glas gewesen. Denn als das Licht auf die an den andern Stellen zwischen den Prismen liegende Luft so schief fiel, daß es alles zurückgeworfen ward, so schien es an der Berührungsstelle alles durchzugehen, so daß diese Stelle, wenn man darauf sah, wie ein dunkler schwarzer Fleck, und wenn man hindurch sah, wie ein Loch erschien, welches durch diejenige Luft gieng, welche von dem Zusammendrücken der Prismen zwischen ihren Seitenflächen wie eine dünne Scheibe lag. Durch dieses Loch konnte man die Gegenstände jenseits der Prismen deutlich erkennen, ob man sie gleich durch die andern Theile derselben, zwischen welchen Luft befindlich war, nicht sehen konnte, und obgleich die Seitenflächen der Prismen etwas convex waren, so nahm doch der durchsichtige Flecken einen ziemlichen Umfang ein, welches daher zu rühren schien, daß die Theile des Glases beym Zusammendrücken ein wenig nachgaben. Denn wenn er die Prismen stärker an einander drückte, so ward der Flecken größer als vorher [h]).

Als er nun die beyden Prismen um ihre gemeinschaftliche Axe drehte, so daß die Luftscheibe gegen die

h) Optice. lib. II. Pars I. observ. I. p. 140.

die einfallenden Strahlen eine geringe Neigung hatte, und einige Strahlen durchzugehen anfiengen, so entstanden auf derselben eine Menge schmaler gefärbter Bogen, welche anfänglich die Gestalt einer Muschellinie hatten; bey weiterer Umdrehung der Prismen aber nahmen sie zu, und vereinigten sich endlich zu Kreisen oder Ringen um den runden Fleck [i]).

Um die Ordnung der Farben, welche, wie er glaubte, von der dünnen Luftscheibe zwischen den Gläsern entstand, genauer zu beobachten, nahm er zwey Objektivgläser, ein planconvexes, welches zu einem Teleskope von 14 Fuß, und ein großes auf beyden Seiten erhabenes, das zu einem Fernrohre von etwa 50 Fuß gehörte. Das erstere legte er mit der ebenen Fläche auf das leztere, und druckte sie gelinde an einander, daß dadurch die Farben in der Mitte der Kreise nach der Ordnung entstünden. Auf solche Art konnte er die Ordnung und Beschaffenheit der Farben von dem Mittelflecken an bis auf eine ziemliche Distanz deutlich wahrnehmen.

Zunächst des durchsichtigen Flecken in der Mitte, welcher von der Zusammendrückung der Gläser entstand, kam blau, darauf weiß, gelb und roth. Die blaue Farbe war so wenig da, daß er sie in den Kreisen, die an den Priemen waren, nicht hatte erkennen können; auch konnte er kein Violet bemerken; aber Gelb und Roth war in ziemlicher Menge vorhanden, und schien eben so vielen Raum, wie das Weiße, einzunehmen, und vier bis fünfmal mehr als das Blaue. Die nächstfolgende Reihe von Farben bestand aus Violet, Blau, Grün, Gelb und Roth, und alle diese waren völlig und deutlich, das Grüne ausgenom-

i) Optice. lib. II. Pars I. observ. II. p. 141.

genommen, welches nur in geringer Menge und dabey matter und schwächer als die übrigen Farben war; von den vier übrigen Farben nahm die violette den geringsten Raum, und die blaue weniger, als die gelbe und rothe, ein. Die dritte Reihe von Farben waren Purpur, Blau, Grün, Gelb und Roth; die Purpurfarbe schien hier viel röther, als die violette in der vorhergehenden Reihe, und die grüne Farbe war viel deutlicher, indem sie, der einzigen gelben ausgenommen, allen übrigen Farben an Glanz und Stärke gleich kam; die rothe Farbe aber hatte sich etwas entfärbt, und näherte sich mehr der Purpurfarbe. Die vierte Reihe enthielt Grün und Roth; das Grün war stärker und lebhafter, und neigte sich auf der einen Seite zum Blauen, und auf der andern zum Gelben; sonst enthielt diese Reihe weder violet, noch blau, noch gelb; auch das Rothe war sehr unvollkommen und dunkel. Die übrigen Farben wurden immer unscheinbarer und blässer, bis sie nach drey oder vier Reihen völlig ins Weiße übergiengen [k]).

Um die Entfernung der Gläser, oder die Dicke der Luftscheibe, welche nach seiner Meynung diese Farben hervorbrachte, zu bestimmen, maaß er die Diameter der sechs ersten Ringe an denjenigen Stellen, wo sie am hellsten waren; und fand, daß sich die Quadrate derselben wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, 11 verhielten. Da nun das eine von beyden Gläsern eben, das andere sphärisch war, so mußten die Entfernungen derselben an den Stellen, wo die Ringe erschienen, in eben der arithmetischen Progression sich befinden. Auch maaß er die Durchmesser der dunkleren Ringe, welche zwischen den hellen lagen, und fand,

k) Optice. lib. II. Pars I. observ. IV. p. 143 sq.

fand, daß ihre Quadrate im Verhältnisse der geraden Zahlen 2, 4, 6, 8, 10, 12 fortschritten. Er wiederholte diese Messungen, welche ihrer Feinheit wegen sehr viel Sorgfalt verlangten, mehrmals und an verschiedenen Stellen der Gläser [l]).

Den Durchmesser des sechsten Ringes an der hellsten Stelle fand Newton $\frac{55}{100}$ eines Zolles groß. Der Diameter der Kugel, zu welcher das auf beyden Seiten erhabene Objektivglas gehörte, betrug ohngefähr 102 Fuß. Den Durchmesser des fünften Ringes fand er nur $\frac{18}{79}$ eines Zolles bey einem Converglase, welches zu einer Kugel von 15 Fuß 2 Zolle im Durchmesser gehörte. Hierauf maaß er die Dicke der Luftscheibe und fand sie an dem ersten dunkeln Ringe am dunkelsten Theile derselben für senkrecht auffallende Strahlen etwa $\frac{1}{89000}$ eines Zolles. Die Hälfte dieses Bruchs in die Glieder der arithmetischen Progression 1, 3, 5, 7, 9, 11 multiplicirt, giebt die Dicke der Luftscheibe an den dunkeln Stellen, wo sie am hellsten sind, und die arithmetischen Mittelzahlen werden die Dicken an den dunkelsten Theilen der dunkeln Ringe [m]).

Die Ringe schienen alsdann am kleinsten, wenn das Auge in der Axe der Ringe eine auf die Gläser senkrecht gerichtete Lage hatte. Betrachtete er sie aber in schiefer Richtung, so wurden sie größer, und erweiterten sich immer mehr, je weiter er sich von ihrer Axe entfernte. Auf solche Art fand er theils durch Messung, theils aus andern Gründen, den Diameter ein und desselben Ringes, mithin auch die Dicke der

l) Optice. lib. II. Pars I. observ. V. p. 145.

m) Ibid. observ. VI. p. 146. sqq.

der Luftscheibe, nach Verschiedenheit der Richtungen, nach welchen er ihn betrachtete, ziemlich genau in den Verhältnissen zunehmen, wie es folgende Tabelle darstellt:

Einfallswinkel in der Luft		Brechungswinkel in der Luft		Diameter des Ringes	Dicke der Luftscheibe.
Grade	Minut.				
00	00	00	00	10	10
06	26	10	00	$10\frac{1}{13}$	$10\frac{2}{13}$
12	45	20	00	$10\frac{1}{3}$	$10\frac{2}{3}$
18	49	30	00	$10\frac{3}{4}$	$11\frac{1}{2}$
24	30	40	00	$11\frac{2}{3}$	13
29	37	50	00	$12\frac{1}{2}$	$15\frac{1}{2}$
33	58	60	00	14	20
35	47	65	00	$15\frac{1}{4}$	$23\frac{1}{4}$
37	19	70	00	$16\frac{4}{9}$	$28\frac{1}{4}$
38	33	75	00	$19\frac{1}{4}$	37
39	27	80	00	$22\frac{6}{7}$	$52\frac{1}{4}$
40	00	85	00	29	$84\frac{1}{10}$
40	11	90	00	35	$122\frac{1}{2}$

Die beyden ersten Columnen drucken die schiefen Richtungen der gegen die Luftscheibe einfallenden und eingehenden Strahlen d. i. die Einfalls- und Brechungswinkel aus. Die dritte Columne enthält die Diameter eines jeden gefärbten Ringes in solchen Theilen, deren zehn den Diameter desselben Ringes alsdann bestimmen, wenn die Strahlen senkrecht auffallen, und endlich die vierte Columne zeigt die Dicke der Luftscheibe in solchen Theilen an, deren ebenfalls zehn die Dikke derselben in ihrem Umfange zu der Zeit angeben, wenn die Strahlen senkrecht auffallen.

Aus diesen Abmessungen schien Newton folgende Regel herleiten zu können: daß die Dicke der

Luft-

Luftscheibe der Sekante eines Winkels proportional sey, dessen Sinus eine gewisse mittlere Proportionalzahl zwischen dem Einfalls- und Brechungssinus ist. Diese mittlere Proportionalzahl ist, in so fern er es aus diesen Messungen hat bestimmen können, die erste aus 106 mittleren arithmetischen Proportionalzahlen zwischen jenen Sinus; hiebey muß man aber von dem größern Sinus d. i. von dem Brechungssinus zu rechnen anfangen, wenn die Brechung aus dem Glase in die Luftscheibe geschieht; hingegen von dem Einfallssinus, wenn die Brechung aus der Luftscheibe in das Glas erfolgt [n]).

Auch der schwarze Fleck in der Mitte der Ringe ward, wiewohl sehr unmerklich, durch die schiefe Lage des Auges vergrößert. Wenn er aber statt der Objektivgläser Prismen gebrauchte, so fiel die Erweiterung desselben deutlicher in die Augen, so daß, wenn er schief dagegen sah, keine Farben um ihn zu liegen schienen. Am kleinsten war er alsdann, wenn die Lichtstrahlen sehr schief in die Luftschicht fielen; bey der Verminderung der Schiefe der einfallenden Strahlen ward er aber wieder größer, bis endlich die farbigen Ringe erschienen; alsdann wurde er wieder kleiner, jedoch nicht in dem Maaße, als er sich vorher erweitert hatte. Hieraus schloß Newton, daß dieser Fleck nicht allein an derjenigen Stelle der Gläser, wo sie sich genau berühren, Licht durchlasse, sondern auch da, wo sie in einer sehr geringen Entfernung von einander abstehen [o]).

Als

n) Optice. lib. II. Pars I. obs. VII. p. 149. sq.

o) Ibid. obs. VIII. p. 151.

Als Newton durch die beyden sich berührenden Objektivgläser hindurch sah, so beobachtete er, daß die zwischen denselben liegende Luft vermittelst des durchgehenden Lichts eben so gut, wie vermittelst des zurückgeworfenen, farbige Ringe darstellte. Der Fleck im Mittelpunkte war nunmehr weiß, und die Farben waren von da nach der Ordnung folgende: gelblichroth, schwarz, violet, blau, weiß, gelb, roth, violet, blau, grün, gelb, roth u. s. w. Aber diese Farben waren sehr matt und schwach, außer wenn das Licht sehr schief durch die Gläser gieng; denn alsdann wurden sie helle und lebhaft; jedoch blieb das erste gelblich Roth, wie das Blaue in der vierten Beobachtung, so gering und matt, daß man es kaum erkennen konnte. Als er diese farbigen Ringe, welche beym durchgehenden Lichte entstanden, mit den durch reflektirtes Licht verursachten verglich, so fand er, daß das Weiße dem Schwarzen, das Rothe dem Blauen, das Gelbe dem Violetten, und das Grüne einer Mischung aus Roth und Violet gegen über lag. Dieß macht die fig. 16. deutlich, in welcher AB und CD die sich in E berührenden Flächen der Objektivgläser, und die dazwischen gezogenen Linien ihre Entfernungen vorstellen, welche in arithmetischer Progression fortschreiten. Die oben stehenden Farben sieht man beym reflektirten, die unten stehenden aber beym durchgehenden Lichte p).

Als Newton Wasser zwischen die beyden Objektivgläser brachte, und alsdann die Ringe maaß, so fand er das Verhältniß ihrer Durchmesser und der Durchmesser der ähnlichen Kreise, welche sich vermittelst der Luft gezeigt hatten, ungefähr wie 7 : 8. Daraus folgt, daß sich die Dicken der Wasserscheiben zu den

p) Optice. lib. II. Pars I. obs. IX. p. 152.

den Dicken der Luftscheiben wie 3 : 4 verhalten. Newton schließt daher, daß, wenn ein anderes dichteres oder dünneres Mittel als Wasser zwischen den Gläsern zusammengedruckt wird, das Verhältniß der Dicken dieser Mittel zu den Dicken der Luftscheibe dem Brechungsverhältnisse aus diesem Mittel in Luft gleich seyn werde; jedoch giebt er dieß nur als vermuthliche Regel an [q]).

Bey der Untersuchung der Farbenringe, welche von dem zwischen den Gläsern befindlichen Wasser entstanden waren, nahm Newton noch eine andere merkwürdige Erscheinung wahr. Wenn er nämlich das obere Glas an seinem Rande hin und wieder andruckte, damit dadurch die farbigen Ringe sich geschwinde hin und her bewegen möchten, so folgte sehr schnell dem Mittelpunkte derselben ein kleiner weißer Fleck, welcher sogleich verschwand, sobald das darin liegende Wasser diese Stelle einnahm. Luft war es nicht, ob es gleich viel ähnliches damit hatte. Denn die kleinen Luftbläschen, wenn dergleichen im Wasser sich befanden, verschwanden nicht so schnell, wenn das Wasser heranstieg. Daher, meint er, könne diese Zurücksendung des Lichts durch ein feineres Mittel, welches dem herantretenden Wasser durch die Gläser hin ausgewichen wäre, verursacht seyn [r]).

Die bisher angeführten Beobachtungen hatte Newton bey freyem Lichte gemacht; um aber die farbigen Ringe noch besser zu untersuchen, verdunkelte er sein Zimmer, und beobachtete sie vermittelst des farbigen durch ein Prisma auf ein weißes Blatt Papier

q) Optice. lib. II. Pars I. obs. X. p. 153.
r) Ibid. obs. XI.

pier geworfenen Lichts, wobey er seinem Auge eine solche Stellung gab, daß er das Papier mit seinen Farben durch die Zurückstrahlung auf den Gläsern, wie in einem Spiegel, erblickte. Auf solche Art wurden die Ringe viel deutlicher, und eine weit größere Anzahl sichtbar, als im freyen Lichte. Bisweilen sahe er mehr als 20 Ringe, da er im freyen Lichte nicht mehr als acht oder neun erkennen konnte [s]).

Das Prisma ließ er hierauf durch einen Gehülfen um seine Axe drehen, damit alle Farben nach und nach auf denjenigen Theil des Papiers fielen, den er in den Gläsern sah, und beobachtete, daß diejenigen Kreise, welche vom rothen Lichte entstanden, augenscheinlich größer waren, als welche das blaue und violette Licht darstellte. Mit großem Vergnügen sah er sie allmählich sich erweitern, und zusammenziehen, je nachdem die Farbe des Lichts sich veränderte. Die Entfernungen der Gläser an jedem Ringe, der durch das äußerste rothe Licht entstand, verhielten sich zu den Entfernungen derselben Ringe bey dem äußersten violetten, nach den meisten Beobachtungen wie 14 : 9. Aus seinen fernern Versuchen machte er den Schluß, daß die Dicke der Luft zwischen den Objektivgläsern an derjenigen Stelle, wo die Grenzen der sieben Farben, roth, orange, gelb, grün, blau, indigo und violet, nach der Reihe Ringe machen, sich wie die Cubikwurzeln aus den Quadraten der acht Längen einer Saite, welche in der Oktave die Töne c, d, dis, f, g, a, b, c angeben, d. i. wie die Cubikwurzeln aus den Quadraten der Zahlen 1, $\frac{8}{9}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{1}{2}$ verhalte [t]).

Die-

s) Optice. lib. II. Pars I. obs. XII. p. 154.

t) ibid. obs. XIII. XIV. p. 155. sq.

Diese Ringe hatten keine so verschiedene Farben, wie die im freyen Lichte, sondern sie erschienen ganz mit derjenigen Farbe, welche durchs Prisma auf sie fiel. Ueberdieß nahm er wahr, daß, als er die prismatischen Farben unmittelbar auf die Objektivgläser fallen ließ, dasjenige Licht, welches auf die schwarzen Zwischenräume zwischen den gefärbten Ringen fiel, durch die Gläser ohne irgend eine Veränderung seiner Farbe durchgieng. Denn auf einem hinter den Gläsern befindlichen Papiere machte dieß Licht Ringe von einerley Farbe mit denjenigen, welche von zurückgeworfenem Lichte entstanden, und so groß wie die Zwischenräume dieser letztern. Hieraus erhelle es deutlich, welches die Ursache dieser Ringe sey; nämlich diese, daß die zwischen den Gläsern liegende Luft nach Maaßgabe ihrer Dicke, das Licht einer jeden Farbe an einigen Stellen reflektirt, an andern durchgehen läßt, und daß sie an derselben Stelle, wo sie Licht von einer gewissen Farbe durchläßt, Licht von einer andern zurücksendet [u]).

Die bisher erzählten Beobachtungen waren an einem dünnern Mittel, welches von einem dichtern umgeben war, angestellt. Hiernächst untersuchte er auch die Erscheinungen derjenigen Farben, welche an einem dichtern zwischen einem dünnern eingeschlossenen sich zeigen, wie an den Blättern des russischen Glases, Wasserblasen, und andern ähnlichen von Luft umgebenen dünnen Körpern. Er fand, daß die unter solchen Umständen entstehenden Farben viel lebhafter waren, als diejenigen, welche durch ein dünneres Mittel

s) Optice. lib. II. Pars I. obs. XV. p. 157.

tel zwischen einem dichtern hervorgebracht waren [x]). Nachdem Newton alle Erscheinungen, besonders an Seifenblasen, umständlich erzählt hat [y]), so bemerkt er, daß alle bey selbigen entstehende Farben mit den oben beschriebenen, welche von der Luft zwischen den Gläsern entstehen, eine große Aehnlichkeit haben. Auch wurden die Farbenringe an den Seifenblasen desto breiter, wenn er sie schief ansahe, aber doch nicht so sehr, als die Farbenringe in der Luftscheibe sich erweitert hatten. Auch habe er bisweilen beobachtet, daß die Farben am polirten Stahle, wenn er geglühet werde, oder an Glockenspeise und andern Metallen, wenn sie geschmolzen sind, und auf die Erde, um zu erkalten, gegossen werden, sich etwas verändern, nachdem man sie mehr oder weniger schief betrachtet, wiewohl weit weniger, als die Farben eines Wasserhäutchens [z]).

Damit man aber nicht glauben möchte, als rührten die Farben von etwas anders her, als von der Dicke der dünnen Scheibe, so benetzte er unter andern ein sehr dünnes Blättchen von russischem Glase mit Wasser, fand aber, daß die Farben nur matter und schwächer wurden. Die Gattung der Farbe blieb die nämliche [a]).

Bey der Untersuchung, wie viel Licht von einem jeden einzelnen Ringe reflektirt werde, fand er, daß dieß am häufigsten von den innersten Ringen erfolgte, bey den äußern aber Stufenweise vermindert wurde. Auch war das Weiße des ersten Ringes glänzender, als

x) Optice. lib. II. Pars I. obs. XXII. p. 165.

y) Ibid. obs XVII. XVIII. p. 158. sqq.

z) Ibid. obs. XIX. p. 161.

a) Ibid. obs. XXI. p. 164.

als das Weiße des dünnern Mittels außerhalb der Ringe [b]).

Wenn er die Farbenringe an den Gläsern durch ein Prisma betrachtete, so konnte er über 40 erkennen, da er mit bloßen Augen nicht über acht oder neun zu unterscheiden vermochte [c]).

Da einige dieser Beobachtungen etwas zusammengesetzt sind, so sucht er diese, ehe er noch Anwendungen davon zur Erklärung der Farben natürlicher Körper macht, auf einfachere zurückzubringen. Zu dem Ende giebt er eine sehr sinnreiche mathematische Verzeichnung an, durch welche man im Stande ist, die prismatischen Farben, welche jeden der verschiedenen Ringe bilden, geschwind und richtig anzugeben. Aus derselben erhellet, daß die Farben zunächst den Centralflecken, welche von den dünnsten Theilen der Luftscheibe hervorgebracht werden, die einfachsten, die übrigen aber mit mancherley andern Farben versetzt sind, bis sie sich zuletzt ins Weiße verlieren [d]).

Aus den Gründen, woraus diese Verzeichnung abgeleitet ist, berechnete Newton eine Tabelle, in welcher die Dicken der Luftscheiben, der Wasserscheiben und der Glasscheiben, worin die Farben jeder Reihe am hellsten erscheinen, in Millionentheilen eines englischen Zolles angegeben sind. Die Dicke der Wasserscheiben sind darin $= \frac{3}{4}$, und die der Glasscheiben $= \frac{20}{31}$ von den Luftscheiben angenommen worden [e]).

Dicke

b) Optice. lib. II. Pars I. obs. XXIII. p. 165.
c) Ibid. obs. XXIV.
d) Ibid. lib. II. P. II. p. 169. sqq.
e) Ibid. p. 175.

Dicke der farbigen Blättchen von

		Luft	Wasser	Glas
Farben der ersten Reihe	Sehr schwarz	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{10}{31}$
	Schwarz	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{20}{31}$
	Schwärzlich	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{2}{7}$
	Blau	$2\frac{3}{5}$	$1\frac{4}{5}$	$1\frac{11}{20}$
	Weiß	$5\frac{1}{4}$	$3\frac{7}{8}$	$3\frac{2}{5}$
	Gelb	$7\frac{1}{9}$	$5\frac{1}{3}$	$4\frac{3}{5}$
	Orange	8	6	$5\frac{1}{6}$
	Roth	9	$6\frac{3}{4}$	$5\frac{4}{5}$
der zweyten Reihe	Violet	$11\frac{1}{6}$	$8\frac{3}{8}$	$7\frac{1}{5}$
	Indigo	$12\frac{5}{6}$	$9\frac{5}{8}$	$8\frac{2}{11}$
	Blau	14	$10\frac{1}{2}$	9
	Grün	$15\frac{1}{8}$	$11\frac{1}{3}$	$9\frac{5}{7}$
	Gelb	$16\frac{2}{7}$	$12\frac{1}{5}$	$10\frac{2}{5}$
	Orange	$17\frac{2}{9}$	13	$11\frac{1}{6}$
	Hellroth	$18\frac{1}{3}$	$13\frac{3}{4}$	$11\frac{5}{6}$
	Scharlach	$19\frac{2}{3}$	$14\frac{3}{4}$	$12\frac{2}{3}$
der dritten Reihe	Purpur	21	$15\frac{3}{4}$	$13\frac{11}{20}$
	Indigo	$22\frac{1}{10}$	$16\frac{4}{7}$	$14\frac{1}{4}$
	Blau	$23\frac{2}{5}$	$17\frac{11}{20}$	$15\frac{1}{20}$
	Grün	$25\frac{1}{5}$	$18\frac{9}{10}$	$16\frac{1}{4}$
	Gelb	$27\frac{1}{7}$	$20\frac{1}{3}$	$17\frac{1}{2}$
	Roth	29	$21\frac{3}{4}$	$18\frac{5}{7}$
	Bläulichroth	32	24	$20\frac{2}{3}$
der vierten Reihe	Bläulichgrün	34	$25\frac{1}{2}$	22
	Grün	$35\frac{2}{7}$	$26\frac{1}{2}$	$22\frac{3}{4}$
	Gelblichgrün	36	27	$23\frac{2}{3}$
	Roth	$41\frac{1}{3}$	$30\frac{1}{4}$	26
der fünften Reihe	Grünlichblau	46	$34\frac{1}{2}$	$29\frac{2}{3}$
	Roth	$52\frac{1}{2}$	$39\frac{3}{8}$	34
der sechsten Reihe	Grünlichblau	$58\frac{3}{4}$	44	38
	Roth	65	$48\frac{3}{4}$	42

Dicke

Dicke der farbigen Blättchen von

		Luft	Wasser	Glas
der siebenten Reihe	Grünlichblau	71	$53\frac{1}{4}$	$45\frac{4}{5}$
	Röthlichweiß	77	$57\frac{3}{4}$	$49\frac{2}{3}$

Newton ist nun der Meynung, daß man mit Hülfe dieser Tafel aus der Dicke der durchsichtigen Scheibchen die Farbe, die sie zurückwerfen, und umgekehrt, aus der Farbe die Dicke der Scheibchen bestimmen könne; auch könne man selbst die Dicke der Theile der natürlichen Körper aus ihren Farben errathen; auch lasse sich, wenn man zwey oder mehrere dünne Blättchen auf einander lege, so daß sie zusammen ein einziges Blättchen, so dick, wie alle zusammen, ausmachen, die daraus entspringende Farbe angeben. Z. B. D. Hooke erwähnt in seiner Micrographie, daß ein blaßgelbes Blättchen russischen Glases auf ein blaues gelegt eine sehr vollkommene Purpurfarbe zuwege gebracht habe. Nun ist das Gelbe der ersten Reihe ein blasses, und die Dicke des Scheibchens, wovon es entsteht, beträgt nach der Tabelle $4\frac{3}{5}$; hiezu die Dicke für die blaue Farbe der andern Reihe, oder 9 addirt, giebt $13\frac{3}{5}$ als die Dicke der Scheibe, welche in der dritten Reihe das Purpur darstellt [f]).

Auch bemüht sich Newton, verschiedene Umstände bey seinen Beobachtungen der Farbenringe zu erklären; allein es würde für die Geschichte zu weitläuftig seyn, dieß mit hinreichender Deutlichkeit anzuführen. Ich muß daher meine Leser auf Newton's Schrift selbst verweisen [g]).

Bre-

f) Optice. lib. II. Pars I. p. 176.

g) Ibid. p. 177-185.

Brechung und Zurückwerfung des Lichts nebst Newtons Anwendung der beobachteten Farben dünner Blättchen auf die Erklärung der Farben natürlicher Körper.

Alle bisherigen Versuche über die Größe der Brechung hatten gelehrt, daß sich diese keinesweges nach der Dichtigkeit des Mittels richte. Eben dieß fand auch de la Hire h) bey verschiedenen Versuchen, die er über die brechende Kraft des Oels in Vergleichung mit der des Wassers und des Glases anstellte. Er fand das Brechungsverhältniß 60:42, welches, wie er bemerkt, dem Brechungsverhältnisse am Glase ein wenig näher als dem am Wasser kömmt, obgleich Oel specifisch leichter als Wasser, und Glas specifisch schwerer ist.

Im Jahre 1696 ließ Lowthorp einen Lichtstrahl durch eine torricellische Leere, und fand, daß die brechende Kraft der Luft und des Wassers sich wie 36 zu 34400 verhalte. Die Nachricht von diesem seinen Versuche beschließt er mit der Bemerkung, daß die brechende Kraft der Körper ihrer Dichtigkeit, oder wenigstens ihrem eigenthümlichen Gewichte nicht proportional sey. Zugleich giebt er an, daß sich die brechenden Kräfte des Glases und des Wassers wie 55 zu 34, ihre specifischen Gewichte aber sich wie 87:34 verhalten, d. h. die Quadrate der brechenden Kräfte dieser Materien würden sehr nahe dem Verhältnisse ihrer specifischen Gewichte gleich seyn. Lowthorp scheint hier das Verhältniß der brechenden Kräfte für das Verhältniß der Winkel genommen zu haben, welche der einfallende und gebrochene Strahl bey dem Uebergange aus der brechenden Materie in Luft oder in den leeren Raum mit einander machen. Es giebt aber auch Flüssigkeiten, welche specifisch leichter als Wasser sind,

h) Memoir. anciens. Vol. IX. p. 382.

sind, und gleichwohl eine größere brechende Kraft besitzen. So verhält sich die brechende Kraft des Weingeistes und des Wassers nach Hooke's Versuche wie 36:33, da sich ihre specifischen Gewichte verkehrt wie 33:36 oder $36\frac{1}{2}$ verhalten. Allein die brechenden Kräfte der Luft und des Wassers scheinen sich gerade zu wie ihre eigenthümlichen Gewichte zu verhalten. Sollte sich dieß, sagt Lowthorp, durch mehrere Versuche bestätigen, so sey wahrscheinlich die brechende Kraft der Luft in jeder Höhe über der Erde ihrer Dichtigkeit proportional. Daher würde es gar nicht schwer seyn, den Weg des Lichts durch die Atmosphäre, in so fern es den Erdschatten begrenzt, anzugeben, und zu untersuchen, in welcher Entfernung der Mond von der Erde nach der beobachteten Dauer der Finsterniß seyn müsse. Noch mehrere Gedanken von Lowthorp über die Atmosphäre findet man in Hooke's von Derham herausgegebenen Versuchen S. 338.

Bey dem vorerwähnten Versuche, den Lowthorp vor der königlichen Societät anstellte, war der jüngere Cassini gegenwärtig. Als dieser hievon nach seiner Rückkehr der Pariser Akademie Nachricht ertheilte, beschloß diese im Jahre 1700, denselben Versuch nachzumachen; allein sie konnte ihn nicht zu Stande bringen. Es gab daher die Gesellschaft, um diese Sache außer allem Zweifel zu setzen, Hawksbee'n den Auftrag, unter der Anweisung des D. Halley ein Werkzeug zu diesem Zwecke zu verfertigen. Dieß Werkzeug bestand aus einem starken messingenen Prisma, davon zwey Seiten Nuthen hatten, um Plangläser einzunehmen; die dritte Seite hatte eine Röhre und einen Hahn, um auf solche Art die Luft

zu

zu verdünnen, und zu verdichten. Auch besaß das Prisma einen Merkurialzeiger, um die Dichtigkeit der darin enthaltenen Luft zu erkennen, und es ließ sich um seine Axe drehen, zu der Absicht, daß die Brechungen auf beyden Seiten gleich gemacht werden konnten. Der brechende Winkel betrug 64 Grad. Uebrigens war es an einem 10 Fuß langen Fernrohre befestigt, welches im Brennpunkte ein feines Haar hatte. Der mit diesem Werkzeuge sehr genau angestellte Versuch war folgender:

Man wählte ein schickliches und deutliches aufrechtes Objekt in einer Entfernung von 2588 Fuß an einem Morgen des Jahrs 1708, da das Barometer auf 29, 27½ und das Thermometer auf 60 stand. Das Prisma ward nun evakuirt, und an das Fernrohr gebracht, worauf das horizontale Haar im Brennpunkte ein Zeichen an dem aufgerichteten Objekte bedeckte, welches man durch den leeren Raum sehr deutlich sah. Beyde Glasplatten waren gegen die Gesichtsstrahlen gleich viel geneigt. Hiernächst ließ man Luft hinein, und es schien das Zeichen sich nach und nach, so wie die Luft hineindrang, über das Haar zu erheben, und endlich fand man, daß das Haar ein anderes Zeichen 10¼ Zoll unter dem vorigen bedeckte. Dieß wiederholte man mehrmals beständig mit dem nämlichen Erfolg.

Hierauf brachte man die Compressionsmaschine ans Prisma, und druckte so viel Luft hinein, daß nach dem Merkurialzeiger die Dichtigkeit der innern Luft noch einmal so groß als die der äußern war, brachte es wieder ans Fernrohr, und ließ die Luft heraus, worauf das Zeichen, welches sich vorher zu erheben schien, sich jetzt allmählich senkte, bis endlich das Haar ein

ein Zeichen, $10\frac{1}{4}$ Zoll höher, als anfänglich, bedeckte. Auch bey mehrmaliger Wiederhohlung erfolgte dasselbe Resultat.

Man brachte noch mehr Luft hinein, so daß der Zeiger eine dreymal so große Dichtigkeit als die der äußern Luft angab. Nachdem man nun diese verdichtere Luft herausließ, senkte sich das Zeichen beynahe 21 Zoll unter das Haar.

Die Länge des Bogens von $10\frac{1}{4}$ Zoll für den Halbmesser 2588 Fuß gehört dem Winkel von 68 Sekunden zu, und weil der Einfallswinkel des Gesichtsstrahls 32 Grad ist (indem der brechende Winkel des Prisma 64 Grad betrug), so folgte nach dem Brechungsgesetze diese Proportion: sin. 32° : sin. 31° 59′ 26″ (welcher Winkel um 34″, der Hälfte von 68″, kleiner als 32° ist) = jeder andere Einfallssinus zum Brechungssinus, und so verhält sich 1000000 : 999736. Dieß ist das Brechungsverhältniß aus Luft in die gewöhnliche atmosphärische Luft [i]).

Aus diesen Versuchen erhellet also, daß sich die brechende Kraft der Luft wie ihre Dichtigkeit verhält.

Nachdem nun die Mitglieder der Akademie zu Paris von diesen Versuchen Nachricht erhielten, so gaben sie dem jüngern de l'Isle den Auftrag, ihren vorigen Versuch mit größerer Sorgfalt zu wiederholen. Dieser fand bald, daß bey demselben gar kein luftleerer Raum gemacht worden war, indem das dazu gebrauchte Werkzeug Ritzen hatte. Zu dem Ende brachte er in das von ihm gebrauchte einen Merkurialzeiger, um sich von der Evakuation zu versichern; alsdann fand er den Versuch eben so wie in England. Bey der Vergleichung der brechenden Kraft der

i) *Hawksbee's* experiments. p. 225.

der Atmosphäre, so wie sie zu Paris gefunden wird, mit dem Resultate seines Versuchs fand er doch, daß der strengste luftleere Raum, den er zuwege bringen konnte, lange nicht an den Grad der Leere in den ätherischen Gegenden über der Atmosphäre reiche [k]).

Hawksbee [l]) stellte mit verschiedenen Flüssigkeiten sehr sorgfältige Versuche über ihre brechende Kraft vermittelst eines Prisma an, und ordnete sie in folgende Tabelle:

	Eigenthüml. Gewicht	Brechungsverhältniß wie 1000000 zu
Wasser - - -	820	74853
Oele.		
Sassafrasöl - -	898	64785
Terpentinöl - -	713,5	67458
Wachsöl - - -	662	68854
Feldkümmelöl - -	751	66965
Pomeranzenöl - -	711	67412
Ysopöl - - -	769,5	67576
Rosmarinöl - -	747	67947
Oel von dem Sevenbaum -	789	67309
Origanumöl - - -	752	67702
Poleyöl - - -	783	67309
Münzenöl - - -	780,5	67064
Lavendelöl - - -	749	68073
Fenchelöl - - -	798	66165
Wacholderöl - - -	729	67576
Kümmelöl - - -	766,5	66277
Reinfarrenöl - - -	757	68651
Dillöl - - - -	795,5	65827
Agtsteinöl - - -	783	66623

Zimmt-

k) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1719.
l) Experiments. p. 293.

	Eigenthüml. Gewicht	Brechungsverhältniß wie 1000000 zu
Zimmtöl - - -	828	65177
Nelkenöl - - -	827	66068
Muskatennußöl - -	759	67214
Spiritus.		
Weingeist - -	703,5	72879
Hirschhorngeist - -	786	74683
Salmiakgeist - - -	794,5	74752
Geist von roher Seide -	916	71350
Säuren.		
Destillirter Weinessig -	824,5	74683
Agtsteingeist - - -	825	74752
Vitriolöl - - -	1580	70115
Salpetersäure - - -	1166	71040
Königswasser - -	987	71950
Scheidewasser - -	1157	71205
Königswasser aus Scheidewasser und Salmiak - -	1034	71615
Spiesglanzbutter - -	1976	59413
Geist von Honig - -	716	74853
Tinkturen.		
Spiesglanztinktur - -	693	72943
Tinktur von Peruvianrinde -	720	72943
Tinktur vom Tolutanischen Balsam - - -	717	72193
Tinktur vom gummi ammoniacum - - - -	719	72573
Tinktur der Metalle - -	713	72817
* * *		
Gläserne Feuchtigkeit eines Ochsenauges - - -	—	74853
Krystallene Feuchtigkeit eines Ochsenauges - -	—	68237

	Eigenthüml. Gewicht	Brechungsverhältniß wie 1000000 zu
Weißes aus einem Hühnerey -	—	74013
Hirschhorngallerte - -	—	73847
Menschenspeichel - -	—	74853
Menschenurin - -	—	74519
Franzbranntwein - -	—	73386

Um die brechende Kraft der krystallenen Feuchtigkeit eines Ochsenauges zu messen, preßte er es in den Winkel des Prisma. Merkwürdig dabey ist, daß er dadurch kein gewöhnliches Objekt sehen konnte, sondern ein Licht dazu nehmen mußte, dessen Flamme sehr breit, wenigstens 5 bis 6 Zoll, wie der halbe Mond erschien. Die Ursache wußte er nicht anzugeben.

Im allgemeinen bemerkt Hawksbée, daß Körper nicht nach dem Verhältnisse ihrer eigenthümlichen Gewichte das Licht brechen, sondern daß es dabey auf eine ihnen eigene Beschaffenheit ankomme; ob diese in ihrer Brennbarkeit, oder in einem ihnen eigenthümlichen Baue liege, weiß er nicht zu sagen.

Newton, welcher auch bey diesem Gegenstande viel weiter gieng, glaubte, daß mit der Brechung zugleich Zurückstrahlung des Lichts verbunden sey. Er stellte nämlich den Satz auf, daß diejenigen Oberflächen durchsichtiger Körper das meiste Licht zurückwerfen, welche die stärkste brechende Kraft besitzen[m]). Die Wahrheit dieses Satzes erhelle besonders daraus, weil die Zurückstrahlung in der Oberfläche, die zwischen zweyen durchsichtigen Mitteln (als Luft, Wasser, Oel, Glas, Krystall u. s. f.) liege, beständig stärker oder schwächer sey, je nachdem diese Oberfläche ei-

m) Optice. lib. II. Part. III. prop. I. p. 187. sq.

eine größere oder geringere brechende Kraft besitze. Denn so sey die Zurückwerfung des Lichts an der Grenze von Luft und Steinsalz stärker als an der Grenze von Luft und Wasser, noch stärker an der Grenze zwischen Luft und gemeines Glas oder Krystall, und noch stärker an der Grenze zwischen Luft und Diamant. Wenn man dergleichen durchsichtige feste Körper ins Wasser versenkt, so wird ihre Zurückstrahlung viel schwächer als zuvor, und vermindert sich noch mehr, wenn man sie in noch stärker brechende Flüssigkeiten bringt. Theilt man in Gedanken Wasser durch eine Fläche in zwey Theile, so wird an der Grenze derselben gar keine Zurückwerfung statt finden. Eben so wird die Zurückwerfung an der Grenze des Wassers und des Eises sehr gering seyn. Daher kann auch an der gemeinschaftlichen Grenze zweyer Gläser von einerley Dichtigkeit keine merkliche Zurückwerfung statt finden, wie es sich an dem obigen Versuche mit zweyen Objektivgläsern zeigte. Daß also alle gleichförmige durchsichtige Körper keine merkliche Zurückwerfung, als an ihren Oberflächen, wo sie an Mittel von anderer Dichtigkeit grenzen, zu erkennen geben, davon liegt die Ursache darin, daß ihre einander berührende Theile von einerley Dichtigkeit sind.

Die kleinsten Theilchen fast aller natürlichen Körper sind gewisser Maaßen durchsichtig, und die Undurchsichtigkeit dieser Körper rührt von den vielen Zurückwerfungen in ihrem Innern her [n]). Dieß, sagt er, haben schon andere beobachtet, und wird von jedem zugegeben, der sich mit mikroskopischen Beobachtungen beschäftigt. Noch mehr erhelle es aber aus sol-

n) Optice. lib. II. Part. III. prop. II. p. 189.

folgendem: wenn man irgend einen Körper, der nur dünn genug ist, in ein dunkles Zimmer vor eine Oeffnung bringt, durch welche etwas Licht hereinfällt, so wird er merklich durchsichtig erscheinen, so undurchsichtig er auch in freyer Luft schien. Hievon sind jedoch weiße metallene Körper auszunehmen, welche wegen ihrer zu großen Dichtigkeit fast alles auffallende Licht von ihrer Oberfläche zurückzuwerfen scheinen; wenn sie aber durch Auflösungen in sehr kleine Theile getheilt werden, so werden sie alsdann alle durchsichtig.

Zwischen den Theilen der undurchsichtigen und gefärbten Körper befinden sich eine große Menge Räume, die entweder leer, oder mit Mitteln von ganz anderer Dichtigkeit ausgefüllt sind. Diese Unterbrechung der Theile, meint Newton, ist eine Hauptursache der Undurchsichtigkeit der Körper. Dieß erhelle daher, weil die undurchsichtigen Körper sogleich Licht durchzulassen anfangen, wenn ihre leeren Räume mit einer gewissen Materie ausgefüllt werden, die entweder eine gleiche Beschaffenheit oder eine gleiche Dichtigkeit mit ihren Theilen haben; wie z. B. Papier in Wasser oder Oel getränkt, das Weltauge von Wasser durchdrungen u. s. f. o).

Wenn aber Körper undurchsichtig und gefärbt seyn sollen, so müssen ihre Theile und Zwischenräume nicht unter einer gewissen Größe seyn. Denn auch die undurchsichtigsten Körper werden in feine Theile zertheilt durchsichtig. So zeigte sich an den zwey Objektivgläsern auch da, wo ihre Flächen einander nur sehr nahe waren, ohne sich zu berühren, keine merkliche Zurückwerfung, und oben an der Wasserblase, wo sie am dünnsten ist, kamen aus Mangel an zurück-

o) Optice. lib. II. Part. III. prop. III. p. 190.

rückgeworfenem Lichte schwarze Flecken zum Vorschein. Hierin sucht Newton vorzüglich den Grund, warum Wasser, Salz, Glas, Steine und dergleichen Körper durchsichtig sind. Diese Körper scheinen zwar aus verschiedenen Ursachen so voll von Zwischenräumen, als andere Körper, zu seyn; allein diese Zwischenräume und ihre Theilchen sind zu klein, als daß sie Zurückstrahlungen verursachen könnten [p]).

Die durchsichtigen Theile der Körper werfen, nach Verschiedenheit ihrer Dicke, die Strahlen von einer gewissen Farbe zurück, und lassen dergleichen von einer andern Farbe durch, eben so, wie es die Luftscheiben oder die Häutchen der Wässerblasen thaten. Hievon leitet Newton den Grund der Farben aller Körper ab. Dieser Satz erhellet zum Theil aus den verschiedenen Farben, welche die Federn einiger Vögel, besonders der Pfauen, in verschiedener Richtung betrachtet spielen, zum Theil und unter andern auch aus den verschiedenen Erscheinungen der Atmosphäre; wenn nämlich die Dämpfe in ihr aufsteigen, so benehmen sie derselben von ihrer Durchsichtigkeit nichts; sobald sie sich aber an einander hängen, und Kügelchen von mancherley Größen machen, um Regen zu bilden, so werden auch diese Kügelchen, wenn sie die erforderliche Größe besitzen, einige Strahlen zurückwerfen, andere aber durchlassen, wodurch Wolken von allerhand Farben, nach Beschaffenheit der Größe der Kügelchen, entstehen können. Es lasse sich, sagt er, in einer so durchsichtigen Materie, wie Wasser ist, nichts anführen, was diese Farben nur mit einiger Wahrscheinlichkeit verursachen könnte, als bloß die Ver-

k) Optice. lib. II. Part. III. prop. IV. p. 191.

Verschiedenheit in der Größe der flüssigen und kugelförmigen Theilchen desselben [q]).

Eine besonders merkwürdige Folge aus den Farben dünner Scheibchen ist diese, daß man aus den Farben der Körper auf die Größe ihrer Theile, woraus sie zusammengesetzt sind, schließen kann. Denn weil die Theilchen dieser Körper höchst wahrscheinlich einerley Farbe mit einem Scheibchen von derselben Dicke, als sie, haben, wofern nur ihre Dichtigkeit zur Brechung dieselbe ist; und weil auch überdem ihre Dichtigkeit mit der Dichtigkeit des Wassers oder des Glases übereinzukommen scheint: so wird man aus obiger Tabelle auch die Größe der Theile anderer Körper, als Wasser oder Glas, welche eine gewisse Farbe darstellen, bestimmen können. Wenn man z. B. wissen wollte, wie groß der Durchmesser eines Theilchens von einem Körper wäre, welches bey einer Dichtigkeit, wie sie Glas hat, ein Grün von der dritten Ordnung zurückwirft, so zeigt die Zahl $16\frac{1}{4}$ aus der Tafel, daß die Dicke des Theilchens so viel Millionentheilchen eines Zolles sey.

Die ganze Schwierigkeit bey dieser Sache ist, wie Newton bemerkt, zu bestimmen, zu welcher Ordnung die Farbe eines jeden Körpers gehöre. Wie dieß möglich sey, hat Newton ziemlich vollständig gewiesen, das aber hier anzuführen zu weitläuftig seyn würde. Er sagt, er sey hiebey vorzüglich deßwegen umständlich gewesen, weil er es für möglich halte, daß die Mikroskope zu einem solchen Grade der Vollkommenheit gebracht werden könnten, daß man dadurch diejenigen Theilchen der Körper, wovon ihre Farbe abhängt, zu erkennen im Stande wäre. Weiter

q) Optice. lib. II. Part. III. prop. V. p. 192. sqq.

ter werde aber wohl unser Gesicht nicht dringen können, weil es wegen der Durchsichtigkeit dieser Theilchen unmöglich seyn müsse, die verborgenern und edlern Operationen der Natur innerhalb derselben wahrzunehmen r).

Die Ursache der Zurückwerfung des Lichts besteht nicht, wie man sonst glaubte, in dem Anstoßen des Lichts auf undurchdringliche Theile des Körpers. Seine vornehmsten Gründe sind diese:

1. Beym Ausgange des Lichts aus Glas in Luft wird es so stark zurückgeworfen, als beym Eingange desselben aus Luft in Glas, ja zuweilen stärker; vielmal auch noch stärker, als beym Ausgange aus Glas in Wasser. Es ist aber nicht wahrscheinlich, daß die Luft Theile besitzen sollte, welche zur stärkern Zurückwerfung des Lichts geschickter wären, als das Wasser oder Glas. Wollte man sich dieß auch so gedenken, so würde daraus weiter kein Vortheil entspringen; denn die Zurückwerfung ist eben so stark und noch stärker, wenn man die Luft von der Hinterfläche des Glases wegnimmt.

2. Wenn das Licht, indem es aus Glas in Luft übergehen will, unter einem schiefern Winkel, als 40 oder 41 Grade, einfällt, so wird es sämmtlich zurückgeworfen; fällt es aber unter einem kleinern Winkel ein, so wird der größte Theil desselben durchgelassen. Man könne doch, sagt Newton, unmöglich behaupten, daß das Licht, wenn es unter einem gewissen schiefen Winkel einfalle, so viele Durchgänge in der Luft antreffe, daß der größte Theil desselben unge-

r) Opticc. lib. II. Part. III. prop. VII. p. 195. sqq.

ungehindert durchgehen könne, da es im Gegentheil, wenn es unter einem andern schiefen Winkel einfalle, nur undurchdringliche Theile der Luft treffen sollte, welche den Durchgang desselben verhinderten; besonders da es beym Ausgange aus Luft in Glas, so schief es auch einfalle, beständig so viele Durchgänge antreffe, daß es größtentheils durchs Glas gehe.

3. Wenn man die Farben, welche durch ein Prisma im dunkeln Zimmer von einander abgesondert sind, nach und nach auf ein zweytes Prisma, in einer ziemlichen Entfernung von dem erstern, und alle unter denselben Neigungswinkeln gegen dasselbe fallen läßt, so kann man dieses zweyte Prisma gegen die einfallenden Strahlen so stellen, daß die blauen alle zurück, die rothen aber größtentheils durchgehen. Würde nun die Zurückstrahlung von dem Anstoßen auf undurchdringliche Luft- oder Glastheilchen verursacht, so fragt Newton: warum bloß die blauen Strahlen auf undurchdringliche Theile treffen, die sie zurücksenden, die rothen aber Durchgänge genug finden?

4. Wenn die Zurückstrahlung bloß durch den Anstoß auf undurchdringliche Theile bewirkt würde, so wäre es unmöglich, daß dünne Scheiben oder Blasen an ein und der nämlichen Stelle Strahlen von einer gewissen Farbe zurückwerfen, und die von einer andern Farbe durchlassen. Denn man könne sich auf keine Weise gedenken, es geschähe zufälliger Weise, daß an einer Stelle gewisse Strahlen, z. B. die blauen, auf die undurchdringlichen Theile des Körpers stießen, und die rothen Durchgänge fänden; hingegen an einer andern Stelle, wo der Körper etwas dicker oder dünner ist, die blauen Strahlen auf Durchwege,

ge, die rothen auf undurchdringliche Theilchen selbst träfen.

5. Wenn die Lichtstrahlen vom Anstoßen auf undurchdringliche Theilchen zurückgeworfen würden, so könnten sie von polirten Körpern nicht so regelmäßig zurückgehen, als es wirklich geschieht. Denn wenn man Glas mit Sand, Smergel oder Tripel polirt, so muß man nicht glauben, daß durchs Reiben mit diesen Materien die kleinsten Theilchen desselben alle so glatt werden, daß sie zusammen eine vollkommene Ebene oder Kugelfläche bildeten. Durch die feinste Politur werden dem Glase nur die Ungleichheiten so weit benommen, daß sie nicht ins Auge fallen. Würde also das Licht durchs Anstoßen an die undurchdringlichen Theile des Glases zurückgeworfen, so müßte es von einem vollkommen polirten Glase eben so unordentlich zerstreuet werden, wie von einem ungeschliffenen. Es bleibt also noch die Frage, wie polirtes Glas das Licht so ordentlich reflektiren könne, als es in der That geschieht? Diese Frage läßt sich schwerlich befriedigender beantworten, als daß man annimmt, die Zurückstrahlung werde nicht von einem einzigen Punkte des zurückwerfenden Körpers, sondern von einer gewissen über der ganzen Oberfläche desselben verbreiteten Kraft verursacht, durch welche er auf den Lichtstrahl, ohne ihn zu berühren, wirkt. Daß aber die Theile der Körper auf das Licht in einiger Entfernung wirken, wird aus Newton's Versuchen von der Beugung des Lichts erhellen.

Endlich bemerkt er noch, daß, wenn die Zurückwerfung des Lichts nicht vom Anstoßen auf die undurchdringlichen Theilchen der Körper, sondern von einer andern Ursache abhänge, alsdann vermuthlich

alle Strahlen, welche auf die undurchdringlichen Theile stoßen, nicht zurückgeworfen, sondern erstickt, und gänzlich zernichtet werden. Außerdem müßte man sich, sagt er, zweyerley Arten der Zurückwerfung gedenken. Denn würden alle Strahlen, welche auf die innern Theile durchsichtigen Wassers oder Krystalles treffen, zurückgeworfen, so würden die Körper nicht hell und durchsichtig, sondern trübe und dunkel scheinen. Ferner, wenn Körper schwarz sehen sollen, so müssen sehr viele Strahlen von ihnen aufgefangen, verschluckt werden, und in ihrem Innern sich verlieren: es scheint aber nicht anders wahrscheinlich zu seyn, daß Strahlen verschluckt werden und verlohren gehen können, als wenn sie gegen die undurchdringlichen Theile der Körper stoßen. Hieraus, sagt er ferner, könne man einsehen, daß Körper viel lockerer wären und weit mehrere Zwischenräume besäßen, als man sich gewöhnlich vorstelle. Wasser ist 19mal leichter, und daher eben so viel mal lockerer als Gold. Gleichwol ist letzteres noch so locker, daß es willig magnetische Ausflüsse durchläßt, und Quecksilber leicht in seine Zwischenräume aufnimmt, ja selbst Wasser durch sich läßt [s]).

Newton ist der erste, welcher die Zurückstrahlung und Brechung des Lichts aus einerley Ursache erklärt. Er sagt nämlich, es sey eine und dieselbe, nur unter verschiedenen Umständen sich verschiedentlich äußernde Kraft, durch welche die Körper das Licht brechen oder zurückwerfen. Seine Gründe sind folgende: 1. wenn Licht aus Glas in Luft in der größt möglichsten schiefen Richtung geht, und die Schiefe des Einfallens wird ein wenig größer, so wird das Licht sämmtlich zurückgeworfen. Denn die Kraft des Glas-

s) Opticе. lib. II. Part. III. prop. VIII. p. 202. sqq.

Glases, nachdem sie das Licht so schief als möglich gebrochen hat, wird zu stark, wenn es noch schiefer auffällt, als daß noch Strahlen durchgehen könnten; daher alsdann eine gänzliche Zurückwerfung erfolgt; 2. das Licht wird von dünnen Glasscheiben wechselsweise vielmal nach einander zurückgeworfen, und durchgelassen, so wie die Dicke des Glasscheibchens in arithmetischer Progression zunimmt. Denn hier hängt es von der Dicke des Glases ab, ob die Kraft, womit das Glas auf das Licht wirkt, die Zurückwerfung bewirken, oder es durchlassen soll. 3. Weil diejenigen Oberflächen der Körper, welche das Licht am stärksten brechen, es auch am stärksten zurücksenden [t]).

Wenn das Licht in den Körpern geschwinder, als im leeren Raume nach dem Verhältnisse des Brechungssinus ist, so werden die Kräfte der Körper, das Licht zurückzusenden und zu brechen, beynahe den Dichtigkeiten derselben proportional seyn, ausgenommen daß fettige und brennbare Körper es stärker als andere Körper von gleicher Dichtigkeit brechen. Newton [u]) bewieß diesen Satz aus mechanischen Gründen, wobey er unter dem Ausdrucke brechende Kraft eine solche verstand, welche den Lichtstrahl in der brechenden Materie gegen das Einfallsloth zu anzieht, und denselben gleichförmig beschleunigt, so wie ein Körper, welcher von einer gewissen Höhe frey herabfällt, durch die Schwere gleichförmig beschleunigt wird. Es mache nämlich der auffallende Strahl (fig. 17.) ic mit der brechenden Fläche ab einen unendlich kleinen Winkel, so daß der Sinus des Einfallswinkels dci = 1 sey. Durch die Brechung bekomme er gegen die brechende

Flä-

t) Opticc. lib. II. Part. III. prop. IX. p. 208.

u) Ibid. prop. X. p. 209. sqq.

Fläche eine gewisse Neigung, und der gebrochene Winkel sey fcr; wäre also das Brechungsverhältniß $= \mu : v$, so hätte man $\mu : v = 1 : \sin. fcr$, folglich $\sin. fcr = \frac{v}{\mu}$, und das Quadrat davon $= \frac{v^2}{\mu^2}$; hieraus ergiebt sich ferner $\cos. fcr^2$ oder $\sin. rcb^2 = 1 - \frac{v^2}{\mu^2} = \frac{\mu^2 - v^2}{\mu^2}$, und daher das Quadrat der Tangente $= \frac{\mu^2 - v^2}{\mu^2} : \frac{v^2}{\mu^2} = \frac{\mu^2 - v^2}{v^2}$. Die Bewegung des Strahls nach der Brechung zerfälle man in zwey, die eine cb parallel mit der brechenden Ebene, die andere br senkrecht auf dieselbe; jene hatte der Strahl schon, ehe er auffiel, und die andere erhält er durch die brechende Kraft. Nun verhalten sich gleichförmig beschleunigende Kräfte wie die Quadrate der Geschwindigkeiten, welche sich längst gleichen Räumen erzeugen, folglich würde sich auch die brechende Kraft wie das Quadrat der Tangente von bcr verhalten. Man nehme z. B. das Brechungsverhältniß aus Luft in Glas $= 3 : 2$, und aus Luft in Wasser $= 4 : 3$, so ergiebt sich das Verhältniß der brechenden Kräfte des Glases und des Wassers $= \frac{9 - 4}{4} : \frac{16 - 9}{9}$, oder wie $\frac{5}{4} : \frac{7}{9} = 45 : 28$. Aus diesen Sätzen scheint zu folgen, daß sich die brechenden Kräfte beynahe wie die Dichtigkeiten der brechenden Materien verhalten. Dieß suchte er aus Versuchen an verschiedenen Körpern zu erweisen, deren Resultate folgende von ihm aufgezeichnete Tabelle enthält:

Brechende Körper.	Brechungsverhältniß für gelbes Licht	Brechende Kraft V	Dichtigkeit D	V/D
Unächter Topas - -	23:14	1,699	4,27	0,3979
Luft - - - - -	3815:3850	0,00052	0,00125	0,4160
Glas des Spießglanzes	17:9	2,568	5,28	0,4864
Selenit - - - -	61:41	1,213	2,252	0,5386
Gemeines Glas - -	31:20	1,4025	2,58	0,5436
Bergkrystall - - -	25:16	1,445	2,65	0,5450
Isländischer Krystall -	5:3	1,778	2,72	0,6536
Steinsalz - - - -	17:11	1,388	2,143	0,6477
Alaun - - - - -	35:24	1,1267	1,714	0,6570
Borax - - - - - -	22:15	1,1511	1,714	0,6716
Salpeter - - - -	32:21	1,345	1,9	0,7079
Danziger Vitriol - -	303:200	1,295	1,715	0,7551
Vitriolöl - - - -	10:7	1,041	1,7	0,6124
Regenwasser - - -	529:396	0,7845	1	0,7845
Arabisches Gummi -	31:21	1,179	1,357	0,8574
Rektificirter Weingeist -	100:73	0,8765	0,866	1,0121
Kampher - - -	3:2	1,25	0,996	1,2551
Baumöl - - - -	22:15	1,1511	0,913	1,2607
Leinöl - - - -	40:27	1,1948	0,932	1,2819
Terpentinöl - - -	25:17	1,1626	0,874	1,3222
Agtstein - - - -	14:9	1,42	1,04	1,3654
Diamant - - - -	100:41	4,949	3,4	1,4556

Die Brechung der Luft in dieser Tabelle ist nach der von den Astronomen beobachteten Strahlenbrechung in der Atmosphäre angesetzt. Denn wenn das Licht durch viele brechende Mittel, welche an Dichtigkeit stuffenweise zunehmen, und mit parallelen Oberflächen begränzt sind, geht, so wird die Summe aller Brechungen so viel betragen, als eine einzige Brechung, welche aus dem erstern Mittel in das leztere unmittelbar geschähe. Daher wird das Licht auf seinem Wege durch die Atmosphäre eben so viel gebrochen, als es bey gleichem Grade der Schiefe aus dem leeren Raume in die Luft zunächst der Erdfläche würde gebrochen werden.

Aus

Aus dieser Tabelle zieht Newton noch einige Bemerkungen in Rücksicht der brechenden Kräfte verschiedener Körper, welche noch angeführt zu werden verdienen.

Wenn man die Brechungen des unächten Topas, Selenits, Bergkrystalls, Isländischen Krystalls, gemeinen Glases, Glases vom Spießglanze, und der Luft (welche leztere vermuthlich aus dergleichen Körpern durch Gährung erzeugt wird) mit einander vergleicht; so wird es erhellen, daß die brechenden Kräfte dieser Körper, so sehr sie auch in Ansehung ihrer Dichtigkeiten von einander verschieden sind, sich doch unter einander fast wie ihre Dichtigkeiten verhalten; ausgenommen, daß die Brechung des besonders merkwürdigen isländischen Krystalls etwas größer als die der übrigen Körper ist. So hat die Luft, welche 3500mal dünner als der unächte Topas, 4400mal dünner als das Glas vom Spießglanze, und 2000mal dünner als der Selenit, das gemeine Glas und der Bergkrystall ist, ungeachtet dieser Dünne doch im Verhältnisse gegen ihre Dichtigkeit zum Theil eine größere, zum Theil eine nicht viel geringere brechende Kraft, als die eben angeführten viel dichteren Körper.

Wenn man ferner eine Vergleichung zwischen den Brechungen des Kamphers, des Baumöls, des Leinöls, des Terpentingeistes und des Agtsteines (welches fette und brennbare Körper sind) und des Diamants (als einer aller Wahrscheinlichkeit nach fettigen geronnenen Substanz) anstellt, so wird es ebenfalls erhellen, daß sich ihre brechenden Kräfte ohne beträchtliche Abweichungen wie ihre Dichtigkeiten verhalten. Sonst sind aber die brechenden Kräfte dieser Körper in Vergleichung mit ihren Dichtigkeiten zweymal ja dreymal grö-

ßer

ßer als die brechenden Kräfte jener ersten Körper in Vergleichung mit ihren Dichtigkeiten.

Die brechende Kraft des Wassers hält ohngefähr das Mittel zwischen diesen beyden angeführten Körperarten, so wie überhaupt sehr wahrscheinlich das Wasser ein Körper mittlerer Art zwischen beyden seyn mag. Denn von dem Wasser erhalten Pflanzen und Thiere ihre Bestandtheile, welche sowohl aus schweflichten, fetten und brennbaren, als auch aus erdigten, magern und alkalischen Theilen bestehen.

Die Salze und Vitriole besitzen in Absicht der brechenden Kraft das Mittel zwischen den erdigten Körpern und dem Wasser, und sind daher aus beyden Arten von Substanzen zusammengesetzt. Denn ihre flüchtigen Theile gehen durch die Destillation und Rektifikation größtentheils in Wasser über; ein großer Theil aber bleibt unter der Gestalt einer trockenen, feuerbeständigen und der Verglasung fähigen Erde zurück.

Die brechende Kraft des Weingeistes liegt zwischen den brechenden Kräften des Wassers und der ölichten Körper in der Mitte, und er scheint daher aus beyden durch die Gährung zusammengesetzt zu seyn. Das Wasser nämlich löset vermittelst salziger Geister, womit es geschwängert ist, das Oel auf, und macht es dadurch flüchtig. Denn der Weingeist ist wegen seiner ölichten Theile zum Feuerfangen geschickt, und wird, wenn er mehrmals über Weinsteinsalz abgezogen wird, jedesmal wässeriger. Auch haben die Chemiker beobachtet, daß Pflanzen, als Lavendel, Raute, Majoran, für sich destillirt, noch ehe sie in Gährung gekommen sind, Oel ohne brennende Geister, nach der Gährung aber brennende Geister ohne Oel geben;

ein

ein Beweis, daß ihr Oel durch Gährung in brennende Geister verwandelt wird. Ueberdem lehren auch ihre Versuche, daß Oele, welche man in geringer Menge auf Kräuter gießt, die in Gährung begriffen sind, nach der Gährung in Form der Geister übergehen.

Es scheinen also nach der obigen Tafel die brechenden Kräfte aller Körper ihren Dichtigkeiten, wenigstens sehr nahe, proportional zu seyn, in so fern nicht durch den Ueberfluß oder Mangel an brennbaren oder ölichten Theilen die brechende Kraft vermehrt oder vermindert wird. Daher scheint zu folgen, daß die brechende Kraft aller Körper, wo nicht gänzlich, doch hauptsächlich von ihren brennbaren Theilen herrühre. Dergleichen Theile befinden sich sehr wahrscheinlich in allen Körpern, in einigen in größerer Menge, in andern in geringerer. So wie das Licht durch Brennspiegel vereinigt auf brennbare Körper am stärksten wirkt, sie in Feuer und Flamme versetzt, eben so werden brennbare Körper, weil jede Wirkung eine Gegenwirkung voraussetzt, am stärksten auf die Lichtstrahlen wirken. Denn daß die Wirkung des Lichts und der Körper gegenseitig ist, läßt sich daher erkennen, daß die dichtesten Körper, welche das Licht am stärksten brechen oder zurückwerfen, durch die Sonnenhitze im Sommer vermöge der Wirkung des gebrochenen und zurückgeworfenen Lichts am stärksten erwärmt werden.

Um die Abweichungen der farbigen Ringe an den dünnen Scheibchen, und überhaupt die Brechung und Zurückwerfung zu erklären, nimmt Newton x) als wahrscheinlich an, daß ein jeder Lichtstrahl vom ersten Aus-

x) Optice. lib. II. Part. III. prop. XII. sqq. p. 216. sqq.

Ausgange aus dem leuchtenden Körper eine gewisse veränderliche Beschaffenheit erhalte, vermöge welcher er durch die nächste vorliegende brechende Fläche entweder leichter durchgehe, oder leichter reflektirt werde. Es werden also unter mehrern Strahlen, welche auf irgend eine Fläche fallen, diejenigen, welche im Zustande des leichtern Zurückgehens waren, zurückgesandt, und dagegen diejenigen, welche mehr zum Durchgehen geneigt waren, durchgelassen. Daher wird überhaupt von jeder Oberfläche, worauf Licht fällt, ein Theil desselben zurückgeworfen, und ein Theil durchgelassen. Diese Beschaffenheit der Strahlen nennt er die Anwandlungen des leichtern Zurückgehens oder des leichtern Durchgehens.

Woher aber diese Neigung der Strahlen, leichter durch- oder zurückzugehen, komme; ob sie von einer kreisförmigen oder schwingenden Bewegung der Strahlen selbst, oder eines Mittels, oder auch von irgend einer andern Ursache abhange, darüber lasse er sich, sagt er, in keine Untersuchung weiter ein. Damit er jedoch denjenigen, welche sich nicht überwinden können, etwas anzunehmen, zu dessen Erklärung sie keine Hypothese haben, einen Gefallen erweise, wolle er ihnen seine Gedanken mittheilen, wie man es sich ohngefähr vorstellen könne. So wie Steine ins Wasser geworfen dasselbe in eine gewisse wellenförmige Bewegung versetzten, und überhaupt alle Körper durch den Stoß Schwingungen in der Luft verursachten, eben so könnten die Lichtstrahlen durch den Anstoß auf irgend eine brechende oder zurückwerfende Oberfläche gewisse Schwingungen in einem Mittel oder auch in der brechenden und zurückwerfenden Fläche er-

regen, und dadurch die undurchdringlichen Theile des brechenden oder zurückwerfenden Körpers in Thätigkeit versetzen; daher denn auch der Körper sich gewissermaaßen erhitze; ferner könnten die auf solche Art erregten Schwingungen in dem Mittel oder in der brechenden und reflektirenden Substanz auf eben diese Art fortgepflanzt werden, wie die Schwingungen in der Luft zur Hervorbringung eines Tons. Wenn nun ein gewisser Strahl in demjenigen Theile der Schwingung sich befände, welcher entweder mit seiner Bewegung übereinkommt oder nicht übereinkommt, so könne er alsdann zum Durchgehen oder zum Zurückgehen fähig gemacht werden. Uebrigens bemerkt Newton ausdrücklich, daß er diese seine Gedanken als eine bloße Hypothese aufgestellt habe, und daß er keine Lust bezeige, weiter zu untersuchen, ob sie wahr sey oder nicht.

Farben, welche durch dicke Scheiben hervorgebracht werden.

Im Verfolge der Untersuchungen über die Farben dünner Körper fand Newton [y]), daß auch durch Scheiben von beträchtlicher Dicke, welche sich in mehrere dünne theilen lassen, Farben hervorgebracht wurden. Er bemerkt, daß ein jedes Glas oder ein Spiegel, so gut er auch polirt seyn möge, außer dem regelmäßig gebrochenen oder zurückgeworfenen Lichte, noch ein schwaches Licht um sich herum streue, wodurch die polirte Oberfläche, wenn sie in einem dunkeln Zimmer von einem eingelassenen Sonnenstrahle erleuchtet werde, in jeder Lage des Auges ganz deutlich zu erkennen sey. Die Erscheinungen, welche er von diesem zerstreueten Lich-

y) Optice. lib. II. Pars IV. p. 225. sqq.

Lichte wahrnahm, kamen ihm anfänglich sehr wunderbar vor. Sie sind folgende.

Er ließ durch ein Loch, $\frac{1}{3}$ Zoll im Durchmesser, in ein dunkles Zimmer einen Lichtstrahl senkrecht auf einen gläsernen Spiegel fallen, welcher auf der einen Seite hohl und auf der andern Seite erhaben war. Die Kugel, aus welcher dieser Spiegel geschliffen war, hatte im Halbmesser 5 Fuß 11 Zoll, und auf der erhabenen Seite eine Quecksilberbelegung. Hierauf hielt er einen weißen Bogen Papier in den Mittelpunkt der Kugelflächen, die den Spiegel ausmachten, oder etwa 5 Fuß 11 Zoll vom Spiegel, so, daß der Lichtstrahl durch ein kleines Loch im Papiere gieng, und wieder vom Spiegel zurück auf dasselbe geworfen wurde. Auf diesem Papiere beobachtete er vier oder fünf concentrische farbige Ringe wie Regenbogenfarben um das Loch herum, welche den Farben dünner Scheibchen ähnlich aber breiter und matter waren. So wie diese Ringe breiter wurden, so wurden sie auch blasser, so daß der fünfte Ring kaum sichtbar war; bey hellem Sonnenscheine aber zeigten sich noch einige Spuren eines sechsten und siebenten. Wenn das Papier vom Spiegel viel mehr oder viel weniger als sechs Fuß entfernt war, so wurden die Ringe immer blässer, und verschwanden endlich ganz. War der Spiegel vom Fenster viel über sechs Fuß entfernt, so ward der reflektirte Strahl in einer Entfernung von 6 Fuß vom Spiegel, wo die Ringe erschienen, so breit, daß einer oder der andere von den innern Ringen dadurch verdunkelt wurde. Deßwegen stellte Newton gewöhnlich den Spiegel ungefähr 6 Fuß vom Fenster, so daß der Brennpunkt mit dem Mittelpunkte seiner Krümmung bey den Ringen auf dem Papiere zusam-

menfallen mußte. Diese Stellung des Spiegels ist in der Folge angenommen, wenn nicht ausdrücklich eine andere angezeigt wird [z]).

Die Farben dieser Ringe folgten vom Mittelpunkte derselben abwärts in eben der Ordnung auf einander, wie die an den beyden Objektivgläsern, wenn man durch diese hindurch sah. In der Mitte der Ringe war ein weißer, runder und schwach erleuchteter Fleck, welcher etwas breiter, als der zurückgeworfene Lichtstrahl war. Diesen zurückgeworfenen Lichtstrahl ließ er bisweilen auf jenen weißen Fleck fallen, bisweilen aber auch durch eine kleine Neigung des Spiegels von diesem Flecke abwärts leiten, damit man letztern bis zum Mittelpunkte weiß erblicken konnte [a]).

Die Durchmesser dieser Ringe fand er ebenfalls in dem Verhältnisse wie an den Objektivgläsern [b]). Als er ein Prisma zur Hand nahm, beobachtete er dadurch noch weit mehrere Ringe, als es ihm mit bloßen Augen möglich gewesen war, gerade so wie bey jenen Versuchen [c]).

Wegen dieser Uebereinstimmung glaubte Newton, daß die Farben auf der dicken Glasscheibe fast auf eben die Art, wie an den sehr dünnen Scheibchen entstünden. Denn nachdem er das Quecksilber abgetrieben hatte, fand er, daß das bloße Glas eben solche Ringe, nur weit matter erzeugte, und das also das Quecksilber diese Erscheinungen nicht verursachte, wenn es gleich durch Verstärkung der Reflexion das Licht der

z) Optice. lib. II. Pars IV. obs. I. p. 226.

a) Ibid. obs. II. p. 227.

b) Ibid. obs. III. p. 228.

c) Ibid. obs. IV. p. 229.

der farbigen Ringe vermehrte. Ein metallener Spiegel brachte keine solche farbigen Ringe zu Stande, und daraus schloß er, daß sie nicht von einer einzigen Spiegelfläche herrührten, sondern von beyden Oberflächen der zum Spiegel gebrauchten Glasscheibe, und von der Dicke desselben abhiengen. Nachdem er überhaupt diese Farbenringe und alle dabey vorkommenden Umstände mit den in dünnen Scheibchen beobachteten genau verglichen hatte, so glaubte er mit der größten Wahrscheinlichkeit annehmen zu dürfen, daß beyde ein und denselben Ursprung hätten, jedoch mit dem Unterschiede, daß die Farben in den dünnen Scheibchen durch die abwechselnde Zurückwerfung und Durchlassung der Strahlen an der zweyten Fläche des Scheibchens entstünden; dagegen in diesem Falle die Strahlen durch die Scheibe gehen und zurückkehren, ehe sie wechselsweise zurückgeworfen oder durchgelassen werden, nachdem sie zu dem einen oder dem andern, in dem Augenblicke, da sie bey der ersten Fläche wieder ankommen, geneigt sind [d]).

Hierauf maaß er die Dicke des Glases, welches er zum Spiegel gebrauchte, und fand, daß sie genau ¼ Zoll betrug. Durch die hierüber angestellte Rechnung bestätigte er seine Theorie, und versicherte sich, daß die abwechselnden Anwandlungen des leichtern Zurückgehens oder Durchgehens auf gewisse Entfernungen von jeder zurückwerfenden oder brechenden Fläche fortgepflanzt würden [e]).

Um mehrerer Gewißheit willen wiederholte er diese Versuche mit einem andern concav-convexen Glase,

d) Optice. lib. II. Pars IV. obs. VII. p. 233. sqq.
e) Ibid. obs. VIII. p. 236. sqq.

se, dessen Dicke $\frac{5}{62}$ eines Zolles war. Hierauf verglich er alle Phänomene, welche dieß Glas zeigte, mit der Dicke desselben, und fand alles mit seiner Hypothese so übereinstimmend, daß er an deren Richtigkeit nicht mehr zweifelte [f]).

Endlich veränderte Newton seine Vorrichtung noch auf folgende Art: er ließ den Sonnenstrahl nicht gerade nach das Loch im Fenster hin wieder zurückwerfen, sondern ihn ein wenig zur Seite lenken; in diesem Falle fiel der gemeinschaftliche Mittelpunkt des obigen Fleckens und aller Farbenringe mitten zwischen dem einfallenden und reflektirten Strahl, mithin in den Mittelpunkt der Kugelfläche des Spiegels, wenn das Papier, um die farbigen Ringe aufzufangen, dahin gebracht ward. So wie der Strahl des zurückgeworfenen Lichts durch die größere Neigung des Spiegels sich immer mehr von dem einfallenden Strahle und von dem gemeinschaftlichen Mittelpunkte der farbigen Ringe zwischen beyden Strahlen entfernte, so wurden die Ringe beständig breiter, so wie auch der runde weiße Fleck sich vergrößerte; aus dem gemeinschaftlichen Mittelpunkte aber entsprungen neue Farbenringe, und der weiße Fleck ward zu einem weißen Ringe um sie herum, auf dessen Umfange in entgegengesetzten Punkten die beyden Strahlen, der einfallende und zurückgeworfene, fielen, und wie zwey Nebensonnen an einem Hofe um die Sonne aussahen [g]). Die Farben dieser neuen Ringe lagen in einer entgegengesetzten Ordnung mit den ersten. Newton beschreibt umständlich die Art, wie sie zum Vorschein kamen, so wie die Ent-

f) Optice. lib. II. Pars IV. obs. IX. p. 240.

g) Ibid. obs. X. p. 243.

Entfernung des einfallenden und reflektirten Strahls immer größer gemacht ward [h]).

Diejenigen Phänomene, welche von andern Arten von Gläsern, als ungleich concav-converen, oder planconveren, oder conver-converen hervorgebracht werden, kamen, so viel er es beobachten konnte, mit seiner Theorie überein. Sie waren aber zu verwickelt, als daß er sie einer genauern Prüfung unterwerfen konnte [i]).

Von dem Wesen der Farben führt Newton [k]) in den seiner Optik beygesetzten Fragen den Gedanken an, daß die Verschiedenheit der Farben nebst der verschiedenen Brechbarkeit des Lichts erklärt werden könnten, wenn angenommen würde, daß das Licht aus Theilen von verschiedener Größe bestünde. Die kleinsten Theilchen würden alsdann die dunkelste oder violette Farbe geben, und es würde damit zugleich die stärkste Brechung verbunden seyn; die andern Theile aber würden nach Verschiedenheit der auf einander folgenden größern Theile die immer mehr lebhaftern und stärkern Farben hervorbringen, und hiernach würde auch die Brechbarkeit der Farben immer geringer werden. Stelle man sich überhaupt die Theile des Lichts sehr klein vor, so könne man auch die Anwandlungen des leichtern Zurückgehens oder des leichtern Durchgehens erklären. Diese Theilchen würden nämlich alsdann durch irgend eine Kraft in den Körpern, auf welche sie wirke, Schwingungen hervorbringen, und

h) Optice. lib. II. Pars IV. obs. XI. p. 243. sqq.
i) Ibid. obs. XII. p. 246.
k) Ibid. Quaest. XXIX. p. 300.

und es käme hiebey nur darauf an, ob diese Schwingungen stärker oder schwächer wirkten, als die Lichtstrahlen, in welchem Falle sodann die Lichtstrahlen in ihrer Geschwindigkeit vermindert oder vermehrt würden, und die Anwandlungen in ihnen zuwege brächten. Da nun hierin die Farbe der Blättchen ihren Grund habe, so würden auch nur diejenigen Strahlen erleuchteter Körper reflektirt, deren Farbe mit der Dicke ihrer dünnen Blättchen zusammengehörte.

Beugung des Lichts.

Die so wichtige Entdeckung von der Inflexion des Lichts, welche der Italiäner Grimaldi gemacht, und D. Hooke ebenfalls untersucht hatte, ward in diesem Zeitraume von Newton und Maraldi mit neuen Beobachtungen bereichert. Newton wiederholte Grimaldi's Versuche mit der größten Genauigkeit, und beobachtete noch andere merkwürdige Erscheinungen, welche umständlich angeführt zu werden verdienen.

Er machte in ein Bley-Blättchen mit einer Nadel ein Loch $\frac{1}{42}$ eines Zolles breit, und ließ das durch in einem dunkeln Zimmer einen Sonnenstrahl fallen; hier fand er die Schatten der Haare, Fäden, Spitzen und anderer dünner Körper, welche er in den Lichtstrahl hielt, viel breiter, als sie hätten seyn müssen, wenn das Licht in geraden Linien an diesen Körpern vorbey gegangen wäre. So hatte der Schatten eines ungefähr $\frac{1}{280}$ Zoll breiten Menschenhaars, welches in einer Entfernung von 12 Fuß vom Loche gehalten ward, in einem Abstande vom Haar von 4 Zollen eine Breite von $\frac{1}{60}$ Zoll; mithin war der Schatten mehr als viermal breiter, wie das Haar selbst; in einem

einem Abstande von zwey Fuß vom Haare hatte der Schatten eine Breite von $\frac{1}{28}$ Zoll, war also 10mal breiter; und in einem Abstande von 10 Fuß betrug seine Breite $\frac{1}{8}$ Zoll, und war folglich 35mal breiter, als das Haar selbst. Uebrigens war es gleichgültig, ob das Haar mit Luft oder einem andern durchsichtigen Körper umgeben war. Denn als er das Haar zwischen zwey polirte Glasplatten, welche er mit Wasser auf den innern Seiten befeuchtet hatte, legte, und es so in den Lichtstrahl hielt, so war der Schatten in denselben Abständen eben so breit wie vorher. Ritzen auf polirten Glasplatten, und Adern im Glase, warfen eben dergleichen breite Schatten aufs Papier. Daher, sagt er, müsse die vergrößerte Breite des Schattens von einer ganz andern Ursache, als von der Brechung der Luft herrühren; vielmehr schloß er aus diesen Erscheinungen, daß das Haar auf das Licht in einer nicht ganz geringen Entfernung wirken müsse, und zwar auf die dem Haar am nächsten liegenden am stärksten, auf die entferntern aber immer weniger, nach Maaßgabe ihrer Entfernungen vom Haare, so daß also die nächsten vom geraden Wege am meisten und die entferntern immer weniger davon abgelenkt würden. Daher war auch der Schatten, wenn das Papier, worauf er fiel, dem Haare näher gehalten ward, im Verhältnisse der Entfernung breiter, als wenn das Papier vom Haare weiter entfernt war [1]).

Die Schatten aller Körper, wie Metalle, Steine, Glas, Holz, Horn, Eis u. s. f. welche in dieses Licht gehalten wurden, waren mit drey unter sich paralle-

1) Opticc. lib. III. obferv. I. p. 252. fq.

rallelen gefärbten Lichtsäumen, oder Streifen, umgeben, wovon derjenige, welcher zunächst dem Schatten lag, am breitesten und hellsten, der entfernteste aber am schmälsten und so schwach war, daß man ihn kaum erkennen konnte. Ihre Farben waren schwer von einander zu unterscheiden, wenn nicht das Licht auf ein glattes weißes Papier sehr schief auffiel, in welchem Falle sie viel breiter als sonst erschienen, und alsdann sehr gut zu erkennen waren. Ihre Ordnung war diese: der erste oder innerste Saum war zunächst dem Schatten violet und dunkelblau, in der Mitte hellblau, grün und gelb, und nach außen roth; der andere war mit dem erstern beynahe contiguig, so wie der dritte mit dem zweyten; beyde waren nach innen blau, und nach außen gelb und roth, aber sehr blaß, besonders der dritte. Die Schatten der Blasen und Ritzen, welche sich in polirten Glasplatten befanden, waren ebenfalls mit dergleichen farbigen Lichtsäumen umgeben. Auch beobachtete er, daß, wenn man durch eine Feder oder durch ein schwarzes Band, nahe an das Auge gehalten, sieht, sich eine Menge farbiger Bogen zeigen, indem die Schatten, welche die Fibern oder Fäden auf die Netzhaut werfen, mit dergleichen farbigen Säumen umgeben sind m).

Hierauf maaß er diese Säume und Zwischenräume so genau, als es ihm nur möglich war, und fand, daß sich die erstern verhielten wie die Zahlen 1, $\sqrt{\frac{1}{3}}$, $\sqrt{\frac{1}{5}}$, und daß ihre Zwischenräume in demselben Verhältnisse dieser Zahlen fortschritten, d. h. die Breiten jener und dieser verhielten sich nach der Ordnung sehr nahe wie die Zahlen 1, $\sqrt{\frac{1}{2}}$, $\sqrt{\frac{1}{3}}$, $\sqrt{\frac{1}{4}}$, $\sqrt{\frac{1}{5}}$. Diese Verhältnisse blieben in allen Entfernungen vom Haare bey-

m) Optice. lib. III. obs. II. p. 254.

beynahe dieselben; nur waren die dunkeln Zwischenräume in der Nähe nicht so schwarz und so deutlich, wie in großen Entfernungen a).

Als die Sonne in sein dunkles Zimmer durch ein $\frac{1}{4}$ Zoll breites Loch schien, stellte er zwey bis drey Fuß vom Loche ein Blatt Pappe, welches auf beyden Seiten geschwärzt war, und in der Mitte ein viereckiges ungefähr $\frac{2}{4}$ Zoll breites Loch hatte, um einen Sonnenstrahl durchzulassen. Hiernächst befestigte er hinter dem Loche an die Pappe mit Pech eine scharfe Messerklinge, welche einiges von dem durchgehenden Lichte auffangen mußte. Die Flächen der Pappe und des Messers liefen mit einander parallel, und waren auf die Lichtstrahlen senkrecht. Diese Flächen stellte er so, daß kein Licht auf die Pappe, sondern alles durch das Loch theils auf die Fläche des Messers fiel, theils an der Schärfe desselben vorbeygieng; diesen vorbeygehenden Theil fieng er mit einem weißen Papiere zwey bis drey Fuß hinter dem Messer auf, und beobachtete auf selbigem zwey schwache Lichtstreifen, welche aus dem eigentlichen Lichtstrahle auf beyden Seiten in den Schatten, wie Kometenschweife, sich erstreckten. Weil aber das gerade auffallende Sonnenlicht durch seinen Glanz auf dem Papiere diese schwachen Streifen verdunkelte, so daß man sie kaum erkennen konnte, so stach er noch eine kleine Oefnung durchs Papier, damit das Sonnenlicht hindurchgehen, und auf ein dahinter angebrachtes schwarzes Tuch fallen mußte; hier sahe er die Lichtstreifen ganz deutlich. Sie waren einander an Länge, Breite und Stärke des Lichts ziemlich gleich. Ihr Licht war zunächst an dem gerade auffallenden Sonnenlichte auf eine Entfernung von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll

a) Optice. lib. III. obs. III. IV. p. 255. sqq.

$\frac{1}{2}$ Zoll ziemlich stark, und nahm von da an stufenweise ab, bis es sich zuletzt ganz verlohr. Die ganze Länge eines jeden dieser beyden Lichtstreifen, in einer Distanz von drey Fuß vom Messer, war ohngefähr 6 bis 8 Zoll, und machte folglich von der Schärfe des Messers einen Winkel von etwa 10 oder 12, höchstens 14 Grade. Bisweilen schien es ihm, als wenn es sich noch einige Grade weiter erstreckte, jedoch so matt, daß es kaum zu erkennen war, und mochte, wie er vermuthete, wenigstens zum Theil von einer andern Ursache, als die beyden Lichtstreifen, herrühren o).

Hierauf stellte er ein zweytes Messer so an das erste, daß die Schärfen beyder einander parallel gegen über lagen, und der Lichtstrahl zwischen beyde durchgehen mußte. Da ihre Schärfen ohngefähr $\frac{1}{400}$ Zoll von einander abstunden, so theilte sich der Strahl in der Mitte in zwey Theile, und ließ einen Schatten dazwischen. Dieser Schatten war so dunkel und schwarz, daß alles zwischen den Messern durchgegangene Licht nach einer oder der andern Seite hin gebogen zu seyn schien. So wie die Messer einander genähert wurden, so ward auch der Schatten immer breiter, und die angeführten Lichtstreifen zogen sich von der Seite nach dem Schatten hin kürzer zusammen, bis endlich bey der Berührung der Messer sich alles Licht im Schatten verlohr. Aus diesem Versuche schließt nun Newton, daß das am wenigsten gebogene Licht, welches an den innern Enden der Lichtstreifen hingeht, von den Messerschneiden am weitesten vorbeygehe, und daß diese Entfernung ohngefähr $\frac{1}{800}$ Zoll betrage, wenn der Schatten zwischen beyden Lichtstreifen zu erscheinen anfängt; daß hingegen dasjenige Licht, welches

o) Opticc. lib. III. obs. V. p. 258. sq.

ches an den Schneiden der Messer näher vorbeygeht, immer mehr gebogen, und nach denjenigen Theilen der Lichtstreifen gelenkt werde, welche von dem geraden auffallenden Lichte weiter entfernt sind; indem bey der Näherung der Schneiden beständig diejenigen Theile der Lichtstreifen zuletzt verschwanden, welche von dem geraden Lichte am weitesten entfernt waren [p]).

Bey dem Versuche mit einem einzigen Messer zeigten sich keine farbigen Säume, weil sie wegen der Breite der Oefnung im Laden so groß wurden, daß sie sich mit einander vermischten, und folglich gleich im Anfange der Lichtstreifen in ein gleichförmiges Licht sich vereinigten. Allein in dem letzten Versuche ließen sich bey der Annäherung der Schneiden, kurz zuvor, ehe der Schatten zwischen den beyden Lichtstreifen sich zeigte, auf den innern Enden derselben zu beyden Seiten des geraden Lichts Säume sehen, und zwar auf jeder Seite drey, welche von jeder der beyden Schneiden entstanden. Sie waren am deutlichsten, wenn sich die Messer von der Oefnung im Fensterladen am weitesten befanden, und erschienen desto deutlicher, je kleiner die Oefnung gemacht ward, so daß er bisweilen schwache Spuren eines vierten Saums entdecken konnte. So wie er die Messerschneiden einander näherte, so wurden auch diese Säume deutlicher und breiter, bis daß sie, der äußerste zuerst, der innerste zuletzt, verschwanden. Nachdem sie nun alle verschwunden waren, und die dazwischen liegende helle Linie eine ziemliche Breite erlangt hatte, so daß sie sich zu beyden Seiten in die vorhin beschriebenen Lichtstreifen erstreckte; so fieng der erwähnte Schatten in der Mitte dieser Linie sich zu zeigen an, theilte sich der

p) Optice. lib. III. obs. VI. p. 260.

der Länge nach in zwey helle Linien, und vergrößerte sich immer mehr, bis endlich alles Licht verschwand. Die Breite dieser Säume war endlich so groß, daß die Strahlen, welche nach dem innersten Saume zu liefen, gleich vorher, ehe er verschwand, ohngefähr 20mal mehr gebogen zu seyn schienen, als wenn eins der Messer weggenommen war.

Aus der Vergleichung dieses Versuchs mit den vorhergehenden schließt Newton, daß das Licht des ersten Saums vor der Schneide des Messers etwas weiter als $\frac{1}{800}$ Zoll, das Licht des zweyten Saums etwas weiter als das erste, und das Licht des dritten Saums noch etwas weiter als das zweyte vorbeygefahren sey, als das zu den Säumen gehörige Licht[q]).

Nun ließ er die Schneiden zweyer Messer genau geradlinicht schleifen, steckte sie mit ihren Spitzen in einen Tisch, dergestalt, daß ihre Schneiden einander gegen über standen und nahe an den Spitzen zusammenliefen, und solchergestalt einen geradlinichten Winkel machten; hierauf befestigte er ihre Griffe mit Pech an einander, damit der Winkel sich nicht verändern sollte. Die Entfernung der Messerschneiden in einem Abstande vom Winkelpunkte von 4 Zollen betrug $\frac{1}{8}$ Zoll, so daß die Messerschneiden an der Stelle, wo sie zusammenfielen, einen Winkel von 1° 54′ einschlossen. Die so mit einander verbundenen Messer stellte er in einen Sonnenstrahl, welcher in ein dunkles Zimmer durch eine Oefnung $\frac{1}{42}$ Zoll weit fiel, 10 bis 15 Fuß von der Oefnung. Das Licht nun, welches zwischen den Schneiden durchgieng, fieng er auf einem glatten weißen Lineale sehr schief in einer Entfernung von $\frac{1}{2}$ oder 1 Zoll von den Messern auf. Hier

q) Optice. lib. III. obs. VII. p. 261.

Hier sahe er, daß die Säume, welche die beyden Messerschneiden verursachten, längst den Rändern der Schatten der Messer parallel mit ihnen hin liefen, ohne merklich breiter zu werden, bis daß sie endlich in Winkeln, so groß wie der Winkel der Schneiden, zusammenstießen, und sich, ohne zu kreuzen, endigten. Wenn aber das Lineal in einer viel größern Entfernung von den Messern gebracht ward, so wurden die Säume etwas breiter, je näher sie an einander kamen, und wo sie zusammenliefen, kreuzten sie sich und wurden viel breiter wie vorher.

Aus diesem Versuche schloß Newton, daß die Entfernungen, in welchen das nach den Säumen hingehende Licht vor den Messern vorbey gieng, durch die Annäherung der Schneiden weder vermehrt noch vermindert würden; aber daß die Winkel, unter welchen die Strahlen daselbst gebogen werden, durch diese Annäherung sehr viel zunähmen; und daß das Messer, welches einem Strahle nahe war, die Stelle bestimmte, nach welcher der Strahl gebogen werden sollte; daß aber das andere Messer diese Beugung vermehrte [r]).

Als die Strahlen sehr schief auf das Lineal in einer Entfernung von $\frac{1}{3}$ Zoll von den Messern auffielen, so fielen die schwarzen Linien zwischen dem ersten und zweyten Saume des Schattens des einen und des andern Messers in der Entfernung $\frac{1}{5}$ Zoll von dem Ende des Lichts, welches zwischen den Messern an der zusammenlaufenden Stelle ihrer Schneiden durchgieng, zusammen. Daher war die Entfernung der Messerschneiden da, wo die schwarzen Linien zusammenstießen, $\frac{1}{160}$ eines Zolles. Denn wie sich vier Zolle zu $\frac{5}{8}$ Zoll

r) Optice. lib. III. obs. VIII. p. 262.

$\frac{5}{8}$ Zoll verhalten, so verhält sich jede andere Länge der Messerschneiden, von der Stelle ihres Zusammenstoßens an gerechnet, zu der Entfernung dieser Schneiden in dieser Entfernung von jenem Punkte, oder so verhält sich hier $\frac{1}{5}$ Zoll zu $\frac{1}{160}$ Zoll. Die eine Hälfte des Sonnenlichts, welches an diesem Punkte durchgieng, war daher nicht mehr als $\frac{1}{320}$ Zoll von der Schneide des einen Messers entfernt, und machte auf dem Papier, worauf es fiel, die Säume des Schattens von diesem Messer; so wie auch die andere Hälfte des Lichts in derselben Entfernung von der Schneide des andern Messers vorbeygieng, und auf dem Papiere die Säume des Schattens von dem andern Messer hervorbrachte. Wenn aber das Papier, welches die Strahlen auffieng, von dem Messer weiter als $\frac{1}{3}$ Zoll entfernt war, so liefen jene dunkeln Linien in einer größern Weite als $\frac{1}{5}$ Zoll von dem Ende des zwischen den Messern an der Stelle ihrer Zusammenkunft durchgelassenen Lichts zusammen; mithin gieng das Licht, welches auf das Papier bey dem gemeinschaftlichen Punkte dieser dunkeln Linien fiel, zwischen den Messern an einer Stelle durch, wo sie mehr als $\frac{1}{160}$ Zoll von einander abstanden.

Zu einer andern Zeit, als er die beyden Messer 8 Fuß und 5 Zoll von der kleinen Oefnung im Fensterladen entfernt gehörig zusammengeordnet hatte, waren die Entfernungen der Messerschneiden an der Stelle, wo das Licht durchgieng, das neben dem Durchschnittspunkte jener dunkeln Linien aufs Papier fiel, so, wie sie folgende Tabelle darstellt, in welcher auch die Entfernungen des Papiers von den Messern beygefügt sind:

Ent-

Entfernungen der Messer vom Papiere in Zollen	Entfernungen der Schneiden von einander in Tausendtheilen eines Zolles
$1\frac{1}{2}$	0,012
$3\frac{1}{3}$	0,020
$8\frac{3}{5}$	0,034
32	0,057
96	0,081
131	0,087

Aus diesen Beobachtungen zog Newton den Schluß, daß das Licht, welches die Säume auf dem Papiere entwirft, nicht immer in allen Entfernungen des Papiers von den Messern dasselbe bleibt, sondern daß die Säume, wenn das Papier den Messern näher gebracht worden, aus Strahlen entstehen, welche näher vor den Messerschneiden vorbeygehen, und auch mehr gebogen werden, als wenn das Papier in einer größern Entfernung von den Messern gehalten wird [s]).

Wenn die Säume der Schatten an den Messern in einer großen Entfernung von den Messern senkrecht auf das Papier fielen, so hatten sie die Gestalt und Form einer Hyperbel, und die Säume von dem Schatten der einen Schneide kreuzten die Säume von dem Schatten der andern. Wenn man sich auf dem Papiere zwey Linien vorstellt, welche mit den Messerschneiden parallel gehen, und durch deren Winkelpunkt eine Linie zieht, welche gegen jene beyden Linien gleichviel geneigt ist, so laufen die Schenkel der Hyperbel auf beyden Seiten von dem Mittelpunkte längst dieser Linie hin [t]).

Auch

s) Optice. lib. III. obs. IX. p. 263. sq.
t) Ibid. obs. X. p. 265.

Auch brachte Newton vor das kleine Loch, welches er in die Bleyplatte gestochen hatte, ein gläsernes Prisma in dem dunkeln Zimmer, um das Licht dadurch zu brechen, und auf der gegen über liegenden Wand ein farbiges Bild der Sonne zu entwerfen. Hierauf hielt er Körper in das farbige Licht zwischen dem Prisma und der Wand, und fand, daß ihre Schatten bloß Säume von derjenigen Farbe hatten, in welcher die Körper gehalten wurden. Zugleich beobachtete er, daß die Säume im rothen Lichte am breitesten, im violetten am schmalsten, und im grünen von mittlerer Breite waren. Denn als er die Säume an dem Schatten von einem Menschenhaare, in der Entfernung 6 Zoll vom Haare quer durch den Schatten, maaß, so fand er die Entfernungen des mittelsten und hellsten Theils in dem ersten oder innern Saume auf jeder Seite des Schattens im lebhaften rothen Lichte $\frac{1}{37\frac{1}{2}}$ Zoll, im lebhaften violetten aber $\frac{1}{46}$ Zoll groß. Eben so waren die Entfernungen des mittleren und hellsten Theils des andern Saums auf beyden Seiten des Schattens im lebhaften rothen Lichte $\frac{1}{22}$ Zoll, und im lebhaften violetten $\frac{1}{27}$ Zoll groß. Und diese Entfernungen der Säume von einander behielten in allen Abständen vom Haare dasselbe Verhältniß unter einander, ohne eine Abweichung davon wahrzunehmen.

Aus diesen Beobachtungen ist klar, daß die Strahlen, aus welchen die Säume im rothen Lichte zusammengesetzt waren, in einer größern Entfernung vor dem Haare vorbeygiengen, als diejenigen, welche ähnliche Säume im violetten Lichte erzeugten. Daher wirkte das Haar bey Hervorbringung der Säume auf die rothen oder am wenigsten brechbaren

Strah-

Strahlen in einer größern Entfernung eben so, wie auf die violetten oder am meisten brechbaren Strahlen in einer kleinen Entfernung, und verbreitete auf solche Art das rothe Licht in breitere, und das violette in schmälere Säume, ohne die Farbe irgend einer Gattung zu verändern.

Da also das Haar in der ersten Beobachtung in das weiße Sonnenlicht gehalten einen mit dreyfarbigen Säumen verbrämten Schatten aufs Papier warf, so erhellet, daß diese Farben nicht von gewissen neuen durch die Einwirkung des Haars auf das Licht hervorgebrachten Modifikationen entstanden, sondern daß die verschiedenen Gattungen der Strahlen verschiedentlich gebogen, und dadurch von einander gesondert sind, daher nun nach der Absonderung die ihnen eigenthümlichen Farben sichtbar wurden, welche vorher, bey der Mischung der Strahlen, das weiße Sonnenlicht bildeten u).

Newton hatte sich vorgenommen, diesen Gegenstand noch sorgfältiger und weiter zu bearbeiten, ward aber davon abgehalten, und ließ ihn nachher gänzlich liegen. Ich füge hier nur noch einige seiner Fragen bey, welche die Beugung des Lichts betreffen, und die er seiner Optik angehängt hat.

1. Wirken nicht die Körper in einer gewissen Entfernung auf das Licht, und beugen dadurch die Lichtstrahlen? Und ist nicht diese Wirkung, bey übrigens gleichen Umständen, in der kleinsten Entfernung am stärksten?

2. Sind nicht diejenigen Lichtstrahlen, welche sich in Ansehung der Brechbarkeit von einander unterschei-

u) Optice. lib. III. obs. XI. p. 267. sqq.

scheiden, auch in Ansehung der Beugung verschieden? Und werden sie nicht durch die verschiedenen Beugungen von einander gesondert, so daß die dreyfarbigen Säume dadurch hervorgebracht werden? Imgleichen auf welche Art werden die Lichtstrahlen gebogen, um diese Säume zu bilden?

3. Werden nicht die Lichtstrahlen, indem sie neben den Rändern und Seiten der Körper vorbeygehen, mehrmals hin und her, auf eine schlangenförmige Art gebogen? und entstehen nicht vielleicht die drey Farbensäume aus drey solchen Beugungen?

4. Fangen nicht die Lichtstrahlen, welche auf Körper fallen, und von ihnen gebrochen oder zurückgeworfen werden, gebogen zu werden an, noch ehe sie die Körper berühren? Und geschieht nicht die Zurückwerfung, Brechung und Beugung durch eine und dieselbe Kraft, welche sich unter verschiedenen Umständen verschiedentlich äussert?

5. Wirken nicht Körper und Licht wechselsweise in einander, die Körper nämlich auf das Licht durch Aussendung, Zurückwerfung, Brechung und Beugung desselben; das Licht aber auf die Körper zur Erwärmung derselben, und um ihre Theile in eine vibrirende Bewegung zu versetzen?

Da Newton seine Beobachtungen über die Beugung des Lichts noch unvollendet hatte, so ist es wohl natürlich, zu vermuthen, daß dieser wichtige Gegenstand bald nach Newton weiter verfolgt wurde, da besonders schon im Jahr 1715 de l'Isle auf den Gedanken kam, daß der lichte Ring, welcher den Mond bey totalen Mondfinsternissen umgiebt, und welchen andere von einer Mondatmosphäre abzuleiten geneigt waren, von der Beugung des Lichts herrühren

ren möchte (Th. II. S. 538.). Der erste welcher nach Newton weitere Untersuchungen über die Beugung des Lichts anstellte, war Maraldi [x]). Seine Versuche beziehen sich hauptsächlich auf die Beugung des Lichts nach den Körpern zu, deren einige zwar Newton auch angestellt, aber noch sehr unvollkommen gelassen hatte. Deßwegen verdienen Maraldi's Versuche vorzüglich angeführt zu werden.

Er nahm einen drey Fuß langen und $6\frac{1}{2}$ Linien dicken hölzernen Cylinder; diesen hielt er in das Sonnenlicht, und fieng seinen Schatten ganz nahe an demselben mit einem weißen Papiere auf. Diesen fand er allenthalben gleich schwarz und wohl begrenzt, und blieb auch so bis auf eine Entfernung von 23 Zollen von dem Cylinder. In einer noch größern Entfernung aber ward der Schatten ungleich schwarz, indem an seinen beyden mit der Länge des Cylinders parallelen Seiten zwey etwas über eine Linie breite schwarze Striche entstanden. Zwischen diesen schwarzen Strichen zeigte sich ein schwaches über den Schatten gleichförmig verbreitetes Licht, eine Art von gleichförmigem Halbschatten, welcher weit heller als die beyden schwarzen Streifen an den Rändern des Schattens, oder als derjenige Schatten war, der sich nahe am Prisma auf dem Papiere entwarf. In einer noch größern Entfernung des Papiers von dem Cylinder behielten die beyden schwarzen Streifen fast dieselbe Breite und gleichen Grad der Schwärze, aber der Halbschatten zwischen ihnen ward heller und schmäler, bis daß er in einer Entfernung von 60 Zollen ganz verschwand, und

x) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1723.

und die beyden schwarzen Streifen an der Grenze des Schattens in einander fielen. Nachdem er das Papier vom Cylinder noch weiter entfernte, zeigte sich wieder ein schwacher, aber undeutlich begrenzter Halbschatten, dessen Breite mit der Entfernung vom Cylinder zunahm, und welcher noch in einer großen Weite deutlich zu erkennen war.

In dem Falle, da der Schatten sehr nahe an dem Cylinder aufs Papier fiel, und dunkelschwarz erschien, zeigte sich noch auswärts ein schwacher schmaler Halbschatten, und an den äußern Seiten desselben lief ein lichter Strich herunter, welcher heller als der übrige Theil des Papiers erleuchtet war. Dieser äußere Halbschatten ward breiter, wenn das Papier in einer großen Entfernung vom Cylinder sich befand, er war aber nicht so glänzend.

Maraldi wiederholte diese Versuche mit drey andern Cylindern von verschiedener Dicke, und folgergerte daraus, daß jeder undurchsichtige cylindrische Körper in das Sonnenlicht gehalten einen ungemischten schwarzen Schatten bis auf eine gewisse Entfernung wirft, welche 38 bis 45mal seine Dicke ausmacht, worauf in noch größern Distanzen der Schatten in der Mitte hell zu werden anfängt, so wie es angeführt ist.

Um diese Erscheinungen zu erklären, nimmt Maraldi an, daß die nahe vor dem Körper vorbeygehenden Strahlen nach ihm zu gebogen werden, und ihn so in einer gewissen Entfernung des Schattens erleuchten, den Rand ausgenommen, welcher so bleibt, wie er war. Es werden aber auch einige Strahlen von dem Körper abwärts gebogen, und eben durch diese wird das Licht außen an den Schatten hervorgebracht,

bracht, so wie sie auch zur allmähligen Abnahme desselben etwas beytragen mögen; wiewohl diese, wie bekannt, hauptsächlich daher entsteht, daß auf den Halbschatten nur von einem Theile der Sonnenscheibe Licht fällt.

Die nämlichen Versuche stellte er auch mit Kugeln von verschiedenen Durchmessern an, fand aber, daß bey diesen der Schatten in einer größern Entfernung, als ihr Durchmesser 50mal genommen, nicht mehr völlig schwarz zu sehen war, da die Cylinder um 41mal ihres Durchmessers hatten entfernt werden müssen. Dieß erklärte er daher, daß das Licht rings um die ganze Kugel herum, und mithin in einer solchen Menge gebogen wird, daß daher der Schatten eher als bey den Cylindern sich zertheilt. Uebrigens zeigte sich in allen Fällen der von dem gebogenen Lichte erleuchtete Halbschatten desto eher, je stärker das Sonnenlicht war, weil alsdann mehr Licht dahin gebogen ward.

Nachdem er nun alle Umstände bey diesen Versuchen mit den Phänomenen des Mondes in Finsternissen verglich, so fiel er ebenfalls, wie de l'Isle, auf den Gedanken, daß ein Theil des Lichts, welches den Mond alsdann sichtbar macht, gebogenes Licht seyn möge, obgleich das durch die Atmosphäre gebrochene eine solche Stärke besitzen könne, daß einige der erwähnten von dem gebogenen Lichte ganz allein verursachte Erscheinungen dadurch völlig unmerklich gemacht werden.

Da nun Maraldi die Wirkung der Beugung des Lichts im freyen Sonnenlichte beobachtet hatte, so gab ihm dieß Veranlassung, die Grimaldischen und Newtonschen in einem dunkeln Zimmer angestellten

Versuche zu wiederholen. Hiebey bemerkte er nicht allein die breiten Schatten eines Haars oder einer feinen Nadel, den hellen Lichtschein an den Seiten des Schattens, und die drey farbigen Säume an diesem Lichtscheine, sondern auch, daß der schwarze Hauptschatten in der Mitte etwas Licht enthielt, und nicht gleichförmig schwarz war, wenn man ihn nicht sehr nahe bey dem Körper auffieng.

Nun stellte Maraldi ferner in einem dunkeln Zimmer, in welches durch ein kleines Loch ein Sonnenstrahl fiel, 9 Fuß von diesem Loche eine Schweinsborste, deren Schatten er in einer Weite von 5 bis 6 Fuß auffieng. Dieser bestand aus verschiedenen dunkeln und hellen Streifen, und besaß in der Mitte einen schwachen Schatten, oder vielmehr eine Art von Halbschatten, an welchen ein schwärzerer Schatten grenzte, auf den zuerst ein schmälerer Halbschatten und darauf ein heller Strich, breiter als der schwarze Schatten, folgte. Auf diesen hellen Strich kamen die roth, violet und blau gefärbten, wie an dem Schatten des Haars.

Solche Versuche machte er auch mit verschiedenen Nadeln, wobey sich so mancherley Erscheinungen zeigten, daß er es zu weitläuftig fand, sie einzeln zu erzählen, sondern dafür die mit zwey Platten gemachten Beobachtungen, welche zur Erklärung der mit runden Körpern angestellten Versuche dienen, umständlicher vorträgt.

Er hielt nämlich in den Sonnenstrahl, welcher durch eine kleine Oefnung in das dunkle Zimmer fiel, eine Platte, welche 2 Zoll lang, und ein wenig über eine halbe Linie breit war, in einer Entfernung von 9 Fuß von der Oefnung senkrecht auf das Sonnenlicht.

Da

Da der Schatten sehr nahe bey der Platte aufgefangen ward, zeigte sich ein schwaches Licht auf derselben zerstreuet, und in einer Entfernung von 2½ Fuß zertheilte sich der Schatten in 4 schmale schwarze Streifen mit eben so vielen hellen schmalen Zwischenräumen. Der Schatten hatte auf jeder Seite einen Halbschatten mit einem sehr hellen Rande, worauf die roth, violet und blau gefärbten Striche, wie vorher, folgten.

In einer Entfernung von 4½ Fuß von der Platte theilte sich der Schatten bloß in 2 Streifen, indem die beyden äußersten verschwunden waren, dagegen hatten die beyden übrig gebliebenen eine größere Breite wie vorher, und waren durch einen zweymal so breiten hellen Schatten, als in dem vorhergehenden Falle, von einander gesondert. Dieser in der Mitte liegende Halbschatten war ein wenig röthlich. Auf die beyden schwarzen Streifen folgte ein ziemlich starker Halbschatten, welcher von den 2 hellen Streifen begrenzt war, die nun eine merkliche Breite und einen starken Glanz besaßen, nach welchem die farbigen Striche kamen.

Eine andere Platte, welche 2 Zoll lang und 1 Linie breit war, brachte er 14 Fuß weit von der Oefnung, durch welche das Sonnenlicht fiel, entfernt. Der Schatten derselben war, wie in jenem Falle, nahe bey der Platte von einem schwachen, gleichförmig zerstreueten Lichte erleuchtet; in einer Entfernung von 13 Fuß von der Platte aber fiengen 6 schwarze Streifen sich zu zeigen an, welche in der Weite von 17 Fuß breiter und deutlicher, und von den andern zwischen ihnen liegenden nicht so schwarzen Streifen besser abgesondert wurden. In einer Entfernung von 42 Fuß von der Platte blieben nur zwey schwarze Streifen

zwischen einem Halbschatten. Der Halbschatten zwischen ihnen war röthlich. Auf den äußern Halbschatten folgten allemal auf jeder Seite die Lichtstreifen, welche breit waren, nebst den gefärbten Strichen. In einer Entfernung von 72 Fuß zeigte sich weiter kein Unterschied, als daß die beyden schwarzen Streifen breiter waren; imgleichen war auch der Halbschatten zwischen ihnen breiter und röthlicher als vorher.

Als er breitere Platten von 1½, 2, 3 Linien Breite nahm, konnte er in ihren Schatten die schwachen Lichtstreifen nicht wahrnehmen, welche er an den Schatten jener schmälern Platten bemerkt hatte, ob er gleich diese Schatten in einer Entfernung von 56 Fuß auffieng; sondern er sahe nur ein schwaches gleichförmig verbreitetes Licht, wie an den Schatten der schmalen Platten, wenn er nahe an ihnen aufgefangen ward. Jedoch glaubt er, wenn man ein hinlänglich großes Zimmer hätte, daß man an den Schatten der breitern Platten dieselben Erscheinungen beobachten würde, wie an dem Schatten der schmälsten Platte.

Die Lichtstreifen in diesen Schatten leitet Maraldi von den Strahlen ab, welche in verschiedenen Abständen von dem Körper gebogen werden, und glaubt, daß das Kreuzen derselben mit einander alle die Abwechselungen in verschiedenen Entfernungen zu erklären ein Genüge leiste. Die außerordentliche Größe des Schattens der kleinen Körper entsteht nach ihm von dem Schatten, welcher zu dem Licht des Himmels gehört, und noch außer dem Sonnenschatten vorhanden ist; dabey nimmt er auch noch einen Wirbel des gebogenen Lichts hinter dem Schatten verbreitenden Körper an, wie die Wirbel des Wassers hinter einem Brükkenpfeiler.

Auch

Auch hatte Maraldi den Einfall, in einem dunkeln Zimmer zwey lange dünne Körper kreuzweise über einander in den Sonnenstrahl zu halten. Die Schatten zweyer so geordneten Haare, welche er in einiger Entfernung aufhieng, schienen einer über dem andern gemahlt zu seyn, so daß der dunkle Theil des einen auf den dunkeln Theil des andern zu sehen war. Eben dieß fand auch bey den hellen Streifen und bey den farbigen Strichen statt. Er hielt eine Schweinsborste und eine eiserne Eine Linie breite Platte kreuzweis über einander, und es liefen von der Seite, wo die spitzen Durchschnittswinkel waren, die hellen und dunkeln Streifen des Schattens von der Borste bis mitten in den Schatten der Platte nach der Breite hinein; aber von der Seite der stumpfen Winkel konnte man nicht sehen, daß sie hineinliefen, es mochte die Platte oder die Borste vorn nach den Strahlen hin liegen. Die Platte machte einen ziemlich schwarzen Schatten mit 6 dunkeln Streifen und 5 hellern dazwischen, so daß man auf diesem Schatten alle hellen und dunkeln Theile des Schattens von der Borste ganz deutlich erkennen konnte. Maraldi glaubt, daß die Strahlen längst der Borste herabgehen, und etwas von dem Raume hinter der Platte erleuchten.

Auch hielt er in einem dunkeln Zimmer Kugeln in das Sonnenlicht, und sahe wiederum in der Mitte ihres Schattens einen hellen Kreis, um denselben zwey schwarze Ringe, mit einem Halbschatten dazwischen, um diesen einen hellen Ring, und darauf die dreyfarbigen Linien. Die Schatten der Kugeln hatten offenbar mehr Licht als die von Cylindern, nicht allein, wenn sie gleiche Durchmesser hatten, sondern wenn auch die Kugel einen größern Diameter als der

Quer=

Querschnitt des Cylinders hatte. Da er auch keine Absonderung des Lichts und des Schattens an den Schatten solcher Platten, welche etwas über Eine Linie breit waren, hatte bemerken können, wenn er sie gleich 72 Fuß weit von der Platte aufgefangen hatte, so konnte er doch in dieser Weite an den Schatten solcher Kugeln, welche noch über 2 Linien breit waren, eine Verschiedenheit der Schwärze erkennen.

Maraldi stellte noch fernere Versuche an, vorzüglich in der Absicht, die Farben an dem Rande der Schatten zu erklären. Er ließ nämlich mehrere Schatten in einander hineinfallen, und wenn auf diese Weise einerley Farben auf einander kamen, so wurden sie lebhafter; fiel der helle Schatten in dem Schatten einer Nadel auf den äußern Halbschatten einer andern Nadel, so entstand ein schönes Himmelblau; fiel er aber in die Mitte des dunklern Schatten, so entstand eine rothe Farbe.

Er stellte zwey eiserne Platten, drey oder vier Linien breit, sehr nahe an einander ins Sonnenlicht. Zwischen ihren Schatten, in einer Entfernung von 25 Fuß von den Platten, war kein Licht, sondern die Schatten liefen zusammen; in ihrer Mitte zeigten sich aber vier lebhafte purpurfarbige Striche, welche mit einander parallel und durch schwarze Striche abgesondert waren. Zwischen den purpurnen und schwarzen Strichen befanden sich noch blaßgrüne und blaßgelbe Striche.

Zuletzt führt Maraldi noch einen von Grimaldi entlehnten Versuch an. Er ließ nämlich in ein dunkles Zimmer durch eine Oefnung in der Weite eines halben Zolles einen Sonnenstrahl fallen, in welchen er etwa 8 Fuß weit von der Oefnung einen höl-

hölzernen oder kupfernen Cylinder von der Dicke eines Zolles dergestalt hielt, daß bloß ein Theil des Lichts darauf fiel. In dieser Lage des Cylinders entstand eine Zurückwerfung des Lichts, welches sich in einen Halbkreis ausbreitete, dessen Mittelpunkt auf der Stelle des Cylinders lag, wo das Sonnenbild hinfiel. Als er dieses reflektirte Licht mit einem weißen Papiere auffieng, enthielt es eine Menge sehr schöner und lebhafter Farben, als roth, violet, gelb, blau und grün, daß das Papier wie marmorirt aussah. Das Sonnenlicht mußte aber in einiger Entfernung von dem Sonnenbilde aufgefangen werden.

Physikalische Ursache der Zurückwerfung, Brechung und Bewegung des Lichts.

Der erste, welcher die Zurückwerfung und Brechung des Lichts zu erklären suchte, war Cartesius; allein er sowohl als seine Gegner setzten voraus, daß das Licht beym Auffallen auf die Körper Widerstand antreffe, und sie waren bloß in der Schätzung des Verhältnisses dieses Widerstandes bey verschiedenen Körpern nicht einig (Th. II. S. 43. ff.). Newton hingegen fiel zuerst darauf, anziehende und zurückstoßende Kräfte in den Körpern anzunehmen, welche schon in einer gewissen Entfernung von denselben auf das Licht wirkten, und suchte aus diesen Voraussetzungen die Zurückwerfung und Brechung des Lichts herzuleiten. Er beweißt diese auf folgende Art: man nehme an, daß die verschiedenen brechenden Materien, wodurch die Lichtstrahlen gehen, mittelst ebener Flächen von einander getrennt werden, welche unter sich parallel sind. Es sey nämlich zwischen den parallelen ebenen Flächen (fig. 18.) ab und cd eine durchsichtige Materie enthalten, und oben und unten Luft. Hiemit

mit ziehe man ef, ft, ux und gh parallel, wovon ef und gh die Entfernung von dem durchsichtigen Körper abcd vorstellt, bey welcher derselbe auf das Licht zu wirken anfängt, ft und ux aber die Entfernung von den ebenen Flächen ab und cd, bey welcher die äußere brechende Materie auf das Licht noch wirksam ist. Beyde Entfernungen werden zwar klein seyn. Der Deutlichkeit wegen sind sie aber hier etwas groß gezeichnet. Man setze nun, es komme ein Lichtstrahl in der schiefen Richtung mn gegen ef, so wird sich schon die Anziehung der Theilchen des Körpers abcd auf denselben wirksam erweisen, und ihn von seiner Richtung ablenken. Je weiter er sich aber in der Sphäre dieser Wirksamkeit fortbewegt, desto größer wird die Anziehung der Theile des Körpers abcd, und desto größer muß auch die Geschwindigkeit des Lichts werden. Es muß daher von n bis k eine krumme Linie beschreiben, welche gegen die ebene Fläche ab hohl ist. Selbst innerhalb der stärker brechenden Materie abcd bleibt sein Weg ko so lange noch krummlinicht, bis es in o anlangt, wo die brechende Materie von außen auf ihn zu wirken aufhört, und folglich von allen Seiten eine gleich starke Anziehung statt findet; alsdann geht das Licht in der geraden Linie op fort, welche als die Tangente der krummen Linie okn zu betrachten ist. Kommt es nun an die Stelle p, wo schon die Luft auf selbiges wieder zu wirken anfängt, so wird es stärker nach der innern, als nach der äußern Seite angezogen, und muß daher abermals eine krumme Linie beschreiben, bis es außer dem Wirkungskreise in r anlangt, wo es nun in der Tangente dieser krummen Linie sich weiter fortbewegt.

Wäre

Wäre bey der Annäherung des Lichts an die untere Fläche cd der Einfallswinkel y so groß, daß die krumme Linie mit der Fläche schon parallel wird, ehe das Licht sie erreicht, so wird es nun zurückgeworfen, und es verwandelt sich daher die Brechung in eine Zurückwerfung.

Hieraus ließe sich nun auch die Beständigkeit des Verhältnisses zwischen dem Sinus des Einfallswinkels und des gebrochenen Winkels herleiten. Es falle nämlich ein Lichtstrahl (fig. 19.) ec aus Luft in Glas, so wird er in diesem nach dem Perpendikel dh zu gebrochen, und es mag der Winkel dce = fch seyn, wie er will, so wird der Sinus dieses Einfallswinkels fh oder de beständig in einerley Verhältnisse mit dem Sinus des Brechungswinkels ik seyn. Nach Newton's Grundsätzen soll nun der Lichtstrahl durch die Anziehung im Glase eine größere Geschwindigkeit erlangen, als in der Luft, folglich muß sich auch die Geschwindigkeit des Lichts in der Luft zur Geschwindigkeit im Glase umgekehrt wie der Sinus des Brechungswinkels zum Sinus des Einfallswinkels verhalten [y]).

Daß aber das Licht nicht in irgend einer Art von Wirkung auf eine flüssige Materie bestehe, schließt Newton daraus, weil er bewiesen hatte, daß der Druck durch eine flüssige Materie nie nach der geraden Linie fortgepflanzt werde, als wenn die Theile derselben in gerader Linie liegen, und daß jede Bewegung in einer flüssigen Materie von der geraden Richtung nach den unbewegten Stellen hin abweiche [z]).

Wenn

x) Principia. lib. I. prop. XCIV - XCVI.

y) Ibid. lib. II. prop. XLI. XLII. L. schol.

Wenn man diese Sätze zugesteht, so wird man in die Nothwendigkeit versetzt, anzunehmen, daß das Licht aus wirklichen materiellen Theilen besteht, auf welche andere Körper durch Anziehung und Zurückstoßung wirken. Aber auch dieß zugegeben, so scheint doch Newtons Erklärung noch nicht befriedigend genug zu seyn. Denn aus dem Satze, daß das Licht in einem dichtern Mittel eine größere Geschwindigkeit durchs Anziehen erhalte, als im dünnern, scheint zu folgen, daß das Licht in einer brechenden Materie von größerer Dichtigkeit allemal stärker, als in der von geringerer Dichtigkeit gebrochen werden müsse, weil sich nach Newton's eigenen richtigen Sätzen die Anziehungen wie die Massen verhalten. Allein dieß ist offenbar der Erfahrung entgegen, welche lehrt, daß sich die Größe der Brechung nicht nach der Dichtigkeit der brechenden Materie richtet, ob es gleich Newton darzuthun sich bemüht hatte.

Da Newton's Theorie überhaupt anfänglich vielen Widerspruch fand, so ist es leicht zu vermuthen, daß man auch mit dieser Erklärung über die Zurückwerfung, Brechung und Beugung des Lichts nicht zufrieden war, und daß man andere Erklärungen versuchte. Unter diesen gehört besonders diejenige, welche der Herr von Leibnitz [a]) aufstellte. Dieser suchte nämlich das Gesetz der Strahlenbrechung, wie Fermat, aus den Endzwecken der Natur zu erweisen. Er nimmt an, daß das Licht von einem Punkte zum andern auf dem leichtesten Wege komme; die Leichtigkeit aber hänge sowohl von der Länge des Weges als auch von dem Widerstande der durchdringenden brechenden Materie ab. Mit Hülfe der Differenzialrechnung

a) Acta erudit. Lips. 1682. p. 185. sqq.

nung findet er nun eben das Resultat, welches Fermat gefunden hat, daß sich nämlich die Sinus der Einfalls- und Brechungswinkel zu einander verhalten verkehrt wie die Widerstände der brechenden Materien, oder gerade wie die Leichtigkeiten, womit sich die brechenden Materien durchdringen ließen. Dem Lichtstrahle giebt er, wie Cartesius, in der stärker brechenden Materie mehr Geschwindigkeit, ungeachtet er ihm daselbst mehr Geschwindigkeit antreffen läßt. Den Begriff von der Leichtigkeit und Schwierigkeit hat er ganz unbestimmt gelassen, und ihn nach dem zu beweisenden Satze eingerichtet. Wollte man ihn genau nehmen, so würde viel Ungereimtes daraus folgen.

Johann Bernoulli [b]) suchte einen Beweis der Brechung der Lichtstrahlen aus mechanischen Grundsätzen zu geben. Allein seine Hypothese hat wenig Beifall gefunden, daher ich sie auch ganz übergehe.

Methoden, die brechenden Kräfte verschiedener Körper zu messen.

Nachdem Newton die verschiedene Brechbarkeit des Lichts entdeckt hatte, und er keine der bisher gebrauchten Methoden zureichend fand, die Brechungsverhältnisse so genau als möglich zu messen, so machte er sich selbst daran, einige Vorrichtungen zu dieser Absicht auszudenken, welche er umständlich in seinen optischen Vorlesungen beschreibt [c]).

Seine erste Methode war diese: er befestigte ein enges tiefes Gefäß (fig. 20.) cd, worin die flüssige Mate-

b) Acta erudit. Lips. 1701. mens. Jan.

c) *Newtoni* opuscula a *Jo. Castillioneo* collecta T. II. P. I. sect. II. p. 98. sqq.

Materie zum Versuch gebracht wurde, an einem viereckten drey bis vier Ellen langen Stücke Holz ab, dessen entgegengesetzte Seiten vollkommen eben und parallel waren. An der einen Seite setzte er zwey viereckte Bretter bey d und e senkrecht auf. Das enge Gefäß hatte unten im Boden bey d nebst dem daselbst befindlichen Brette ein Loch, welches mit einem daran gekütteten Glase verschlossen war. Auf dem andern Brette bey b ist ein Zeichen in e, so daß der durch die Mitte des Glases bey d durchgehende und dieses Zeichen in e treffende Strahl mit der Seite dieses viereckten Stück Holzes ab parallel ist. Auf der andern Seite des Holzes ist ein Quadrant mit dem Pendel fg angebracht, um dadurch den Neigungswinkel des Strahls zu finden. Verglich er nun diesen Winkel mit der Höhe der Sonne, welche zu gleicher Zeit gemessen ward, so fand er daraus sowol die Einfalls- als auch die Brechungswinkel.

Die andere Methode, welche Newton angab, die Brechungsverhältnisse zu messen, war ein dreyseitiges Prisma von irgend einer durchsichtigen Materie. Wenn nämlich auf die Axe des Prisma die Sonnenstrahlen senkrecht sind, und die Strahlen aufwärts gebrochen werden, so wird das gefärbte Sonnenbild bey langsamer Umdrehung des Prisma um seine Axe erst sinken, und darauf steigen. Zwischen dem Steigen und Fallen, wenn das Bild wie unbeweglich ist, befestige man das Prisma in der Lage, die es hat, so werden die Brechungen des Strahls beym Eingange und Ausgange auf beyden Seiten des Prisma gleich seyn. In dieser Lage des Prisma ist der Brechungswinkel bey dem Eingange des Strahls gleich der halben Summe des Erniedrigungswinkels und des brechen-

chenden Winkels des Prisma, welchen letztern man messen kann, wenn man zwey Lineale kreuzweise über einander auf einen glatten Tisch legt, das Prisma mit dem brechenden Winkel zwischen ihre über dem Tisch hervorragenden Theile bringt, und auf dem Tisch zwey Linien längst den Linealen hinzieht, deren Winkel dem brechenden Winkel des Prisma gleich ist.

Hat man das Prisma (fig. 6.) abc in die eben angeführte Lage gebracht, so messe man mittelst eines Quadranten die Höhe o des einfallenden Strahls fd, und die Höhe h des ausgehenden Strahls ek, d. i. ihre Winkel mit der Horizontallinie hr, deren Summe = dem Winkel kip, unter welchem sich beyde Strahlen gehörig verlängert schneiden. Die Hälfte des Winkels kip ist edi wegen der gleichen Brechungen auf beyden Seiten. Dies ist der Winkel des einfallenden und im Prisma gebrochenen Strahls. Hiezu nehme man den Winkel β, oder denjenigen, welchen der gebrochene Strahl de mit der auf ba senkrechten Linie mn macht, und welcher dem halben brechenden Winkel a gleich ist. So erhält man den Einfallswinkel aus Luft in Glas gleich der halben Summe der Höhen der beyden Strahlen und des brechenden Winkels. Der Brechungswinkel selbst ist $= \frac{1}{2}$ a.

Newton führt folgendes Beyspiel an [d]). In einem gläsernen Prisma war der brechende Winkel a $= 63^\circ\ 12'$, folglich dessen Hälfte $31^\circ\ 36'$ = dem Brechungswinkel aus Luft in Glas. Sein Sinus für den Halbmesser 10000 beträgt 5240. Die Höhe der

d) *Newtoni* opuscula a *Jo. Castillioneo* collecta. T. II. P. I. §. 30. p. 105.

der Sonne fand er 14° 4′, und den Winkel h für Strahlen von mittlerer Brechbarkeit 30° 52′; mithin war deren Summe 44° 56′, und die Hälfte 22° 28′. Diese zu dem Brechungswinkel 31° 36′ addirt giebt 54° 4′ oder den Einfallswinkel, dessen Sinus 8097 ist. Hieraus fand Newton das Brechungsverhältniß in den kleinsten Zahlen wie 17 zu 9.

Die Vorzüge dieser Methode, das Brechungsverhälniß zu finden, erhellet daraus, daß sie keine andere Werkzeuge, als einen Quadranten und ein Prisma erfordert; daß wegen der gedoppelten Brechung ein Fehler in der Beobachtung nur halb so groß wird, als er bey einer einfachen Brechung seyn würde; daß man das Prisma leicht in die gehörige Lage bringen kann, und daß eine geringe Abweichung in derselben die Stelle des Bildes oder die Summe der beyden Beobachtungen nicht merklich verändert, wie es sowol die Entfernung zeigt, und auch weil diese Summe ein Kleinstes ist [c]).

Wenn man ein prismatisches Gefäß von Holz mit zwey gegen einander über stehenden Löchern in den Seiten des brechenden Winkels macht, und diese Löcher von außen mit Stücken Spiegelglas verschließt, um das Licht durchzulassen; und wenn man überdem noch diese Seiten rechtwinklicht auf einander setzt, weil man diese Lage am leichtesten durch ein Winkelmaaß prüfen kann; so hat man eine Vorrichtung, die brechende Kraft des Wassers oder anderer flüssiger Materien zu finden. Denn der in das Prisma einfallende Strahl macht mit dem ausgehenden eben den Winkel,

c) *Newtoni* opuscula a *Jo. Castillionea* collecta. T. II. P. I. §. 31. p. 106.

den sie gemacht hätten, wenn das Wasser die Luft unmittelbar berührt hätte. Durch dieses genaue Verfahren fand Newton das Verhältniß der brechenden rothen Strahlen aus Luft in Wasser wie 4 zu 3 [f]).

Die erste genaue Tafel der Brechungen in der Atmosphäre für jeden Grad der Höhe ward von Newton berechnet, und von Halley herausgegeben [g]). Es wird darin die Horizontalrefraktion zu 33′ 45″, die für 1° Höhe 23′ 7″, die für 75° Höhe, womit sich die Tafel endigt, zu 15″ angesetzt. Aus sehr vielen und genauen Beobachtungen leitete de la Hire [h]) eine neue Brechungstafel her, in welcher die Horizontalrefraktion 32′, die für 5° Höhe 10′ 26″, die für 10° Höhe 5′ 41″, bey 75° Höhe 20″ gesetzt, und welche von Bouguer [i]) noch sehr verbessert worden ist.

Einwürfe gegen die Newtonsche Lehre vom Lichte.

Wenn man bedenkt, mit welcher Vorsicht und Genauigkeit diejenigen Versuche, welche Newton zu dem Schlusse berechtigten, daß das Licht aus Strahlen von verschiedener Brechbarkeit bestehe, und daß eine jede Gattung von einer gewissen Brechbarkeit eine unveränderliche Farbe hervorbringe, angestellt werden müssen; wenn man ferner überlegt, daß es jederzeit Personen giebt, welche auf diejenigen, die sich um die

f) *Newtoni* opuscula a *Jo. Castillioneo* collecta. T. II. P. I. §. 35. p. 109.

g) Philos. Transact. for 1721. n. 368. p. 169.

h) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris, an. 1702.

i) Ibid. an. 1739.

die Wissenschaften durch neue Entdeckungen verdient machen, aus Neid und andern niedrigen Absichten hämisch herabsehen, und ihre Ehre auf eine niederträchtige Art herabzuwürdigen suchen; und endlich, wenn man bedenkt, wie viele es giebt, welche ihre vorgefaßte Meynung aufs hartnäckigste vertheidigen, wenn sie gleich schon vom Gegentheil so gut als überzeugt sind: so darf man sich gewiß nicht wundern, daß Newton's Farbentheorie anfänglich so heftigen Widerspruch fand. Newton wurde also durch diese seine wichtige Entdeckung in einen Streit gezogen, in welchen er sich als ein damals noch junger Mann mit vieler Hitze einließ. Er wurde aber darüber so verdrießlich, daß er sich nicht entschließen wollte, seine der gelehrten Welt versprochene Optik herauszugeben, bis er endlich den vielen Bitten seiner Freunde nachgab, und sie im Jahr 1704, aber doch wider seine Gewohnheit, bloß englisch, einer damals auswärts wenig bekannten Sprache, entwarf, und dabey umständlich bat, sie außer seiner Erlaubniß in keine andere Sprache zu übersetzen. Inzwischen waren doch seine Hauptentdeckungen vom Lichte und von den Farben der königlichen Gesellschaft im Jahre 1675 mitgetheilt, und in den philosophischen Transactionen bekannt gemacht worden. Da überhaupt Newton's Erfindungen mit Heftigkeit bestritten wurden, und er dadurch unverdienter Weise in manche Verdrießlichkeiten gekommen war, so verursachte dieß, daß er gegen das Ende seines Lebens zurückhaltender und ungeneigter ward, seine Entdeckungen bekannt zu machen.

Einer von den ersten, welche Newton's Gedanken vom Lichte und den Farben angriffen, war sein Landsmann D. Hooke. Dieser konnte in keiner

ner Sache, worin er selbst etwas gethan haben wollte, einen Nebenbuhler vertragen; und zum Unglück war die Lehre vom Lichte und von den Farben eine von seinen Lieblingsbeschäftigungen gewesen. Er behauptete hartnäckig eine von Cartesius entlehnte und etwas veränderte Hypothese, nach welcher die Farben nur in den Schwingungen eines ätherischen Mittels bestehen sollen. Hiebey beschuldigte er sogar Newton eines an ihm begangenen gelehrten Diebstahls. Auf das letztere aber antwortete Newton sehr bescheiden, daß er D. Hooke's Meynung bloß aus einander setze, und eingestehe, daß er einige von seinen Beobachtungen genützt habe, besonders die, welche die Beugung des Lichts betreffen, worüber er ihn aber auch angeführt habe; ferner die Bemerkung, daß die Undurchsichtigkeit von den Zwischenräumchen der Körper herrührt, und den Versuch mit den dünnen Scheibchen, welche Farben spielen, für dessen Bekanntmachung er ihm verbunden sey. Allein was die Farben betrift, so, sagt er, überließ er es mir, die nöthigen Versuche zur Erklärung ihrer Entstehung auszusinnen und auszuführen, um eine Hypothese darauf zu bauen. Er gab mir weiter keine Nachweisung, als daß die Farbe auf die Dicke des Scheibchens ankomme, gesteht aber selbst in seiner Mikrographie, daß er sich vergebens bemüht habe, zu erforschen, auf welche Dicke es bey jeder Farbe ankomme. Da ich also dieses selbst messen mußte, so glaube ich, wird er mir vergönnen, dasjenige als mein Eigenthum zu gebrauchen, was ich mühsam gefunden habe. Dieß wird mich demnach gegen die Beschuldigungen des D. Hooke rechtfertigen k).

Unter

k) *Birck's* history. Vol. III. p. 279.

Unter den Ausländern, welche Newton's Theorie vom Lichte und von den Farben bestritten, war der Pater Ignaz Gasten Pardies der erste. Allein er ward sehr bald seines Irrthums überführt, und war auch so aufrichtig, ihn einzugestehen [l]). Vorzüglich aber zeigte sich Mariotte als einen starken Gegner der Farbentheorie Newton's, indem ihm die Versuche, welche Newton zur Begründung seiner Theorie angestellt hatte, auf keine Weise gelingen wollten [m]); und so auch selbst Leibnitz [n]), dem Newton aber Veranlassung gab, die Schwierigkeiten, welche Mariotte angegeben hatte, zu heben. Deßwegen ersuchte Newton dem Desaguliers, die Mariotten misglückten Versuche von neuem vorzunehmen, der sie auch vor der königlichen Societät der Wissenschaften zu London mit dem besten Erfolge ausführte.

Nach einiger Zeit stand dennoch der Italiäner Rizetti gegen Newton auf, welcher behauptete, einige von Newton's Versuchen falsch und andere ohne Beweis gefunden zu haben; dagegen führte er andere Versuche an, die jenen gerade zu entgegen zu seyn schienen. Allein dieser fand an dem damaligen Prof. Richter in Leipzig einen geschickten Vertheidiger [o]). Demungeachtet wiederholte Rizetti seine Angriffe in einem neuen Werke [p]), welche von neuem veranlaßten, daß Desaguliers im Jahre 1728, da Newton schon tod war, seine Versuche noch einmal

l) *Newtoni* opuscula. T. II. p. 315. sqq.

m) In den Oeuvres *de Mariotte* p. 226. sqq.

n) Acta eruditor. Lipf. 1713.

o) Acta erudit. Lipf. supplem. T. VIII. p. 127 u. 226.

p) De luminis affectionibus. Venet. 1727. 8.

mal wiederholte, und noch einige neuere zur Bestätigung beyfügte. Nach der Zeit sind Newton's Versuche von mehreren Naturforschern mit dem glücklichsten Erfolge wiederholt worden, so daß seine Theorie von der verschiedenen Brechbarkeit des Lichts als allgemein richtig angenommen ward. In den neuern Zeiten hat man sie auf noch einfachere Gründe zurück zu bringen gesucht, wovon am gehörigen Orte weiter geredet werden soll.

Da einige von Desaguliers Versuchen und Bemerkungen, die er bey dieser letzten Veranlassung machte, dienen sollten, Newton's Farbentheorie zu erläutern, so will ich noch einige wenige davon anführen. Man bringe, sagt er, die Grundflächen zweyer gleichen Prismen so nahe an einander, daß ihre Wirkungskreise der Anziehung zum Theil in einander fallen, so werden sie in diesem gemeinschaftlichen Theile keine Wirkung auf den Strahl äussern, sondern dieser wird aus dem zweyten Prisma mit seiner Richtung, die er beym Eingange in das erste hatte, parallel ausgehen. Es falle z. B. der Strahl senkrecht auf das erste Prisma, beym Ausgehen aus selbigem werde er durch den nach und nach verminderten Wirkungskreis der Anziehung der Grundfläche in eine krumme Linie gebogen, und gehe in dem gemeinschaftlichen Theile beyder in einander fallender Wirkungskreise in gerader Linie fort, so wird er in dem übrigen Theile des Wirkungskreises des andern Prisma wiederum nach derselben Curve, wie vorhin, nur auf entgegengesetzte Art, gebogen, und erhält in dem zweyten Prisma eine Richtung, welche mit derjenigen, die er im ersten hatte, parallel ist, und nach welcher er auch ausgeht, indem er, wie in jenem, senk-

recht auf die Seitenfläche trift. Wenn folglich zwey Prismen einander so nahe gebracht werden, daß sie sich berühren, und die gegenseitigen Anziehungen sich aufheben; so wird nun das Licht durch beyde Prismen, ohne gebogen zu werden, wie durch ein Parallelepipedum, in derselben Richtung, wie es in das erste kommt, durchgehen, und keine Farben hervorbringen, wie es nach Rizetti's Behauptung erfolgen sollte. Ist der einfallende Strahl gegen das erste Prisma geneigt, so werden die Farben, welche durch Brechung im Prisma entstehen, durch die entgegengesetzte Brechung beym Ausgehen wieder vereinigt. Macht der Strahl im ersten Prisma gegen die Grundfläche einen Neigungswinkel von etwa 45°, so wird er, wenn das andere Prisma jenes nicht unmittelbar berührt, wieder in die Höhe zurückgeworfen, wobey er wegen der anziehenden Kraft des Glases eine krumme Linie beschreibt, die gegen die Grundfläche hohl ist. Wenn aber das andere Prisma an das erstere unmittelbar anliegt, so wird die anziehende Kraft durch eine entgegengesetzte aufgehoben, und der Strahl geht an der Berührungsstelle durch das untere Prisma hindurch.

Desaguliers nahm mit Newton an, daß die brechbarsten Strahlen aus kleinern Lichttheilen, als die weniger brechbaren bestehen. Daher besitzen jene ein geringeres Moment, wenn ihre Geschwindigkeiten gleich gesetzt werden. Mithin werden die erstern durch Anziehung und Zurückstoßung von ihrer Bahn leichter, als die andern abgelenkt. Es sey (fig. 21.) abc das obere Prisma, und der Wirkungskreis der Anziehung der Grundfläche ab erstrecke sich bis oo; def sey das andre Prisma, dessen Wirkungskreis von der Grundfläche de bis nn gehe; daß

daß folglich in dem Raume noon die Anziehungen beyder Grundflächen sich aufheben. Wenn nun ein violetter Strahl pg, welcher sich nach der Richtung pq bewegt, unter der Grundfläche ab nach der Linie ghi gebogen wird, so daß die Tangente ii in i, noch ehe er die Linie nn erreicht, mit ab parallel wird, so wird er nach der krummen Linie ikl, welche der ghi gleich und ähnlich ist, wieder in die Höhe gebogen, und so nach lr zurückgeworfen. Ein rother Strahl aber, dessen Moment größer ist, wird durch dieselbe anziehende Kraft nicht so stark gebogen, und geht durch, so bald er in den Raum noon kommt. Dieß bestätigt die Erfahrung. Denn wenn das untere Prisma nicht hart genug an das obere gedruckt wird, so machen die Strahlen, welche nach q heruntergehen, einen mehrentheils rothen und orangefarbigen Flecken. Werden aber die Prismen stärker an einander gepreßt, so wird der Flecken größer, und in der Mitte vollkommen weiß, weil alsdann alle Arten von Strahlen herunter gehen; er hat aber einen röthlichen Rand, welcher von den Theilen des Prisma verursacht wird, die sich zwar sehr nahe sind, aber sich nicht berühren, oder doch nicht so dicht an einander liegen, daß sie die grünen und blauen Strahlen herabbringen könnten. Dieß beweiset, daß die Reflexion nicht von den innern dichten Theilen des Glases noch von den Theilchen der Oberfläche herrührt, wie Rizetti behauptete. Noch deutlicher zeigte dieß folgender Versuch:

Von der Lichtflamme (fig. 22.) l ward durch Zurückwerfung an der Fläche ab des Prisma abc ein deutliches Bild in m von dem Auge in o gesehen. Als hierauf ein Gefäß mit Wasser gegen die Fläche ab des Pris-

Prisma gebracht wurde, und damit in Berührung kam, ward das Bild der Flamme fast ganz undeutlich, weil nun das Auge alle diejenigen Lichtstrahlen, welche vom Wasser angezogen wurden, nicht erhielt. Daß aber die Zurückwerfung des Lichts unter der Fläche ab, und nicht in selbiger geschieht, bewieß dieß, daß nach der Wegnahme des Prisma vom Wasser das Bild der Flamme wieder lebhaft wurde, weil die Lichtstrahlen unterhalb den Wasserscheibchen, das an der Fläche ab hangen geblieben war, wieder in die Höhe gebogen wurden. Das Bild besaß zwar in diesem Falle, ob es gleich helle war, keinen deutlich begrenzten Umfang; dieß rührte aber von der Ungleichheit der Oberfläche des Wasserhäutchens her [q]).

Untersuchungen und Bemerkungen, welche das Sehen betreffen.

In diesen Zeitraum fällt eine wichtige Entdeckung von Mariotte, welche den Sitz des Sehens betrift. Kepler hatte behauptet, daß die Empfindung des Sehens auf der Netzhaut des Auges zu setzen sey, und nach Keplern haben alle Naturforscher einstimmig diese Behauptung als unstreitig richtig anerkannt. Man ließ sich daher gar nicht träumen, daß ein anderer Theil des Auges als der eigentliche Sitz des Sehens angesehen werden sollte. Dieß würde auch ohnstreitig nie geschehen seyn, wenn nicht Mariotte durch einen besondern Versuch Veranlassung gegeben hätte, die Empfindung des Sehens auf die gleich hinter der Netzhaut liegende Aderhaut zu setzen. Dieser fand nämlich, daß ein Theil der Netzhaut, nämlich die Stelle, wo der Sehenerve eintritt, gegen den Ein-

q) Nouvelle découverte touchant la vûe, in den Oeuvres. à la Haye 1740. 4. p. 496. sq.

Eindruck des Lichts völlig unempfindlich sey. Denn wenn das Bild eines Objektes auf diese Stelle in das eine Auge fällt, so kann man es nicht mehr sehen, wenn das andere Auge verschlossen wird.

Mariotte hatte bey der Zergliederung der Menschen und Thiere sehr oft wahrgenommen, daß der Sehenerve nicht gerade der Pupille gegenüber eintritt, d. i. da, wo das Bild eines Objektes, das man gerade vor sich hinsieht, hinfällt, sondern bey den Menschen an einer etwas höhern Stelle seitwärts gegen die Nase hin. Er nahm sich also vor, das Bild einer Sache auf diese Stelle seines Auges fallen zu lassen, um zu sehen, was sich dabey ereignen würde. Zu dem Ende befestigte er an einer dunkeln Wand ungefähr in der Höhe seines Auges ein kleines rundes Stück Papier, um ihm zu einem festen Gesichtspunkte zu dienen. Rechter Hand desselben befestigte er ein anderes, etwa 2 Fuß weit von jenem, aber etwas niedriger, damit das Licht von diesem zweyten Stücke den Sehenerven im rechten Auge treffen möchte, wenn er das linke verschlösse. Hierauf stellte er sich dem ersten gerade gegen über, gieng nach und nach, indem er es beständig unverwandt mit dem rechten Auge ansah, das linke aber verschlossen hielt, zurück, worauf ihm, als er etwa 10 Fuß zurückgegangen war, das zweyte Papier völlig verschwand. Hier, sagt er nun, könne man dieß der schiefen Lage des Papiers gegen das Auge nicht zuschreiben, weil er noch andere mehr seitwärts liegende Objekte gesehen habe. Es war, als wenn das zweyte Stück Papier plötzlich weggenommen wurde. Er wiederholte diesen Versuch bey veränderter Entfernung der Papiere und seines Auges, auch unternahm er ihn auf die nämliche Art mit dem lin-

linken Auge, und er zweifelte daher nicht, daß die Ursache des Verschwindens im Sehenerven liege, an der Stelle, wo die Aderhaut fehlt.

Diese Entdeckung machte Mariotte verschiedenen seiner Freunde bekannt, welche den Versuch mit demselben Erfolg anstellten, nur nicht genau in derselben Entfernung.

Picard [r]) änderte diesen Versuch so ab, daß er eine Art zeigte, wie man bey beyden offenen Augen einen Gegenstand aus dem Gesichte verlieren könne: Er befestigte nämlich ein weißes Stück rundes Papier, 1 oder 2 Zolle groß, an einer Wand, und neben demselben an jeder Seite, ohngefähr 2 Fuß davon, ein Zeichen; hierauf stellte er sich gerade vor das Papier 9 bis 10 Fuß davon, und hielt das Ende eines Fingers vor seine Augen, so daß es dem rechten Auge das Zeichen linker Hand, und dem linken Auge das Zeichen rechter Hand verdeckte. In dieser Stellung blieb er unbeweglich, sahe mit beyden Augen auf das Ende des Fingers, und nun verschwand ihm das gar nicht verdeckte Papier gänzlich. Dieses, sagt er, ist um desto wunderbarer, weil, außer diesem besondern Zusammentreffen der Sehenerven, wobey man nichts sieht, das Papier doppelt erscheint, so oft der Finger nicht recht gehalten wird.

Mariotte [s]) fand Picard's Verfahren zwar sehr sinnreich, allein er bemerkt doch, daß es mit Schwierigkeiten verbunden sey, weil man die beyden Au-

r) Nouvelle découverte touchant la vûe, in den Oeuvres. à la Haye 1740. 4. p. 506.

s) Ibid. p. 516.

Augen, welche auf einen nur 4 Zolle entfernten Gegenstand gerichtet sind, zu sehr anstrengen müsse. Daher schlägt er ein leichteres, und nicht weniger auffallendes vor. Man befestige an einer dunkeln Wand in einerley Höhe zwey runde Stückchen weißes Papier 3 Fuß von einander, stelle sich gegen ihnen über in einer Entfernung von 12 oder 13 Fuß, halte den Daumen etwa 8 Zoll weit zwischen beyde Augen, so daß er dem rechten Auge das Papier zur Linken, und dem linken das Papier zur Rechten verdecke. Wenn man nun mit beyden Augen starr auf den Daumen sieht, so werden beyde Papiere verschwinden, weil beyde Augen eine solche Lage haben, daß jedes das Bild des einen Papiers auf dem Eintritte des Sehenerven empfängt, und ihm das andere durch den Daumen verdeckt wird.

Mariotte war nicht allein durch diesen Versuch auf den Gedanken gekommen, daß die Aderhaut der eigentliche Sitz des Sehens sey, sondern noch andere Umstände bestärkten ihn in dieser seiner Meynung. Er glaubte nämlich die Netzhaut durchsichtig gefunden zu haben, wie die krystallene und andere Feuchtigkeiten des Auges; dasjenige aber, was die auffallenden Strahlen nicht auffange, sondern durchlasse, könne doch unmöglich den Sitz des Sehens abgeben; ferner meinte er, die Aderhaut müsse doch weit empfindlicher als die Netzhaut seyn, da die Regenbogenhaut, als eine Fortsetzung der Aderhaut, ihre Oefnung nach der Stärke des Lichts unwillkührlicher Weise verändere; überdieß möge auch wol die schwarze Farbe der Aderhaut ihr eine größere Empfindlichkeit gegen das Licht zu geben bestimmt seyn.

Dage-

Dagegen beantwortete ihm Pecquet [t]) diese seine Gründe auf folgende Art. Was erstlich die Durchsichtigkeit der Netzhaut betreffe, so sey diese bey weitem nicht so groß, als Mariotte glaube; sie gleiche bloß dem im Oele getränkten Papiere, und sey noch etwas weniger durchsichtig, als das Horn, das man zu den Laternen gebrauche. Ihre weiße Farbe mache sie undurchsichtig genug, um die Lichtstrahlen so viel aufzufangen, als zum Sehen nöthig ist, welches sehr undeutlich ausfallen müßte, wenn die Strahlen durch eine solche Haut, wie die Netzhaut, gehen müßten.

Was ferner den Grund betreffe, welchen Mariotte von der schwarzen Farbe der Aderhaut hernehme, so beantwortet Pecquet diesen so: die schwarze Farbe, welche sich an der Aderhaut bey Menschen, Vögeln und einigen andern Thieren finde, sey ungemein verschieden; und in den Augen der Löwen, Kameele, Bären, Ochsen, Hirsche, Schafe, Hunde, Katzen und vieler andern Thiere zeige derjenige Theil der Aderhaut, welcher dem Lichte am meisten ausgesetzt sey, die lebhaftesten Farben, wie Perlmutter oder der Regenbogen. Die Unempfindlichkeit der Stelle, wo der Sehenerven eintritt, giebt er zwar zu, glaubt aber, daß die Blutgefäße der Netzhaut, deren Aeste an dieser Stelle sehr stark sind, den Mangel des Sehens verursachen. Doch bemerkt er noch, daß ungeachtet dieser Unempfindlichkeit der Netzhaut auf der erwähnten Stelle, gleichwol stark leuchtende Objekte, wie eine helle Lichtflamme, nicht so völlig verschwin-

t) Nouvelle découverte touchant la vûe, in den Oeuvres. à la Haye 1740. 4. p. 499.

schwinden, als ein weißes Papier unter gleichen Umständen thun würde [u]).

Mariotte [x]) antwortete hierauf: in Ansehung der Undurchsichtigkeit der Netzhaut müsse man einen großen Unterschied zwischen den Zuständen derselben bey einem lebenden und einem todten Körper machen. Um die Durchsichtigkeit der Netzhaut, und das Vermögen der Aderhaut, Licht zurück zu senden, noch mehr zu beweisen, führt Mariotte [y]) folgenden Versuch an: wenn man nämlich jemandem ein Licht sehr nahe vor die Augen hält, und in einer Entfernung von acht oder zehn Schritten einen Hund nach ihm sehen läßt, so wird er in des Hundes Auge ein sehr helles Licht wahrnehmen. Dieß schrieb Mariotte der Zurückwerfung des Lichts von der Aderhaut des Hundes zu, welche sehr weiß und glänzend ist. Denn an den Menschen, Vögeln, und andern Thieren, deren Aderhaut schwarz ist, erfolgt dieß nicht. Uebrigens sucht Mariotte [z]) Pecquet's Meynung von den Blutgefäßen der Netzhaut dadurch zu widerlegen, daß sie viel zu klein wären, um auf jedem Theile der Grundfläche des Nervens das Sehen zu unterbrechen.

Auch Perrault nahm Pecquet's Meynung gegen Mariotte an, und überschrieb letzterm seine Gründe in einem Briefe, welche Mariotte in einem Antwortschreiben zu widerlegen suchte [a]).

Auf

u) Nouvelle découverte touchant la vûe, in den Oeuvres. à la Haye 1740. p. 504.

x) Ibid. p. 507.

y) Ibid. p. 509.

z) Ibid. p. 514.

a) Ibid. p. 517. sqq.

Auf diese Art blieb es eine geraume Zeit unentschieden, ob der Sitz des Sehens nach Mariotte's Meynung die Aderhaut, oder ob es die Netzhaut sey. Erst im Jahre 1704 ward dieser Streit über den eigentlichen Sitz des Sehens durch einen sonderbaren Versuch vom Mery [b]) wieder rege gemacht. Dieser tauchte nämlich eine Katze unter Wasser, und ließ sie gerade in die Sonne sehen, wobey er bemerkte, daß sich der Augenstern gar nicht zusammenzog. Daraus folgerte er, daß sich die Pupille nicht wegen Einwirkung des Lichts verengere, dieß müsse vielmehr von einer andern Ursache herrühren; denn er behauptete, daß die Katze in dieser Lage mehr Licht erhalte, als in freyer Luft. Dabey glaubte er die Retina im Auge der Katze durchsichtig gefunden, und dadurch die undurchsichtige Aderhaut gesehen zu haben. Dieß hielt er für einen Beweis, daß die Aderhaut das eigentliche Werkzeug zum Auffangen des Lichts, und daher der wahre Sitz des Sehens sey. De la Hire [c]) antwortete hierauf im Jahre 1709, und suchte zu zeigen, daß das Auge unterm Wasser weniger Licht erhalte, und daß es unter den erwähnten Umständen nicht so sehr, wie sonst, von selbigem gerührt werde. Vielmehr glaubte er mit Pecquet und Perrault, daß der eigentliche Sitz des Sehens die Netzhaut sey. Sein Grund beruht auf der Analogie der andern Sinne, bey welchen der Sitz der Empfindungen die Nerven wären, und dieß sey gerade auch der Fall bey der Netzhaut. Doch, meinte er, daß allerdings die Aderhaut den Eindruck des Bildes empfange, um denselben der Netzhaut wieder mitzutheilen.

Die-

b) Histoire de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1704.

c) Mémoir. de l'Acad. de Paris. an. 1709.

Dieser Streit über den eigentlichen Sitz des Sehens hat noch im folgenden Zeitraum eine ziemliche Zeit fortgedauert, und soll daher der Ordnung gemäß daselbst weiter verfolgt werden.

Daß wir mit zweyen Augen eine Sache nur einfach sehen, glaubte Newton [d]) davon herzuleiten, weil beyde Sehenerven mit einander vereinigt wären.

De la Hire, welcher besonders auf alles, was das Sehen betrift, sehr aufmerksam war, hat in dieser Rücksicht verschiedene Erscheinungen und Bemerkungen angeführt. Wenn man ein Licht oder andere leuchtende Körper mit verschlossenen Augen betrachtet, so bemerkt man, daß von demselben Lichtstrahlen nach verschiedenen Richtungen, auf eine ziemliche Entfernung, fast wie der Kometenschweif, ausfahren. Von dieser Erscheinung suchte de la Hire den Grund in der Feuchtigkeit auf der Oberfläche des Auges, welche sich theils an das Auge selbst, theils aber auch an den Rand des Augenliedes hänge, und einen Hohlspiegel bilde, wodurch die Strahlen bey ihrem Eingange ins Auge zerstreut würden. Schon Cartesius suchte dieß Ereigniß von gewissen Runzeln auf der Oberfläche der Feuchtigkeiten des Auges herzuleiten, und Rohault meinte, die Ränder der Augenlieder wirkten in diesem Falle wie Convexgläser. Beyde leztere Meynungen hat aber bereits Grimaldi umständlich untersucht und bestritten [e]).

Ueber die scheinbare Entfernung der Gegenstände theilt de la Hire [f]) folgende Bemerkungen mit.

Nach

d) Optice. Lauf. 1740. 4. quaest XV.
e) De lumine. p 392.
f) Accidens de la vue in den Mém. de l'Acad. de Paris. 1694.

Nach ihm kommt es dabey vorzüglich auf fünf Stücke an. Diese sind die scheinbare Größe, die Helligkeit der Farbe, die Richtung beyder Augenaxen, die Parallaxe oder der Veränderungswinkel der Gegenstände, und die Deutlichkeit ihrer kleinen Theile. Die Mahler, sagt er, haben nur die beyden ersten Stücke in ihrer Gewalt, und daher könne ein Gemälde das Auge nie vollkommen täuschen. Aber bey Theaterverzierungen, wo Theile des Gemäldes in verschiedenen Entfernungen gestellt werden, könne man sich gewisser Maaßen alle jene Stücke zu Nutze machen. Die Größe der Gegenstände und die Lebhaftigkeit des Colorits müssen nach dem Verhältnisse der Entfernungen vom Auge vermindert werden. Die Theile einer und der nämlichen Sache, wenn sie dem Auge in verschiedenen Distanzen erscheinen sollen, wie die Säulen einer architektonischen Ordnung, werden auf verschiedene Flächen gemalt, welche man ein wenig von einander stellt, damit die Augen ihre Richtungen zu verändern genöthigt seyn mögen, wenn sie von der Betrachtung der einen Fläche zur Betrachtung der andern übergehen. Die kleine Entfernung der Flächen dient, eine kleine Parallaxe hervorzubringen, wenn die Augen ihre Lage ändern, und da wir keinen bestimmten Begriff von der Veränderung des Gesichtswinkels bey verschiedenen Entfernungen der Objekte behalten, so ist es schon dem Auge hinreichend, eine Parallaxe zu empfinden, um die Flächen von einander entfernt zu halten, wenn es auch nicht zu bestimmen vermag, wie weit sie wirklich von einander entfernt liegen. Was endlich die Deutlichkeit der kleinen Theile an einem Objekte betrift, so kann dadurch wegen des falschen Lichts, das auf die Verzierungen fällt, die Täuschung nicht entdeckt werden.

De

De la Hire[g]) führt unter andern Erscheinungen beym Sehen folgende an, welche nicht leicht zu erklären ist. Wenn man nämlich eine Lichtflamme an einem dunkeln Orte, welche jenseits der Grenze des deutlichen Sehens sich befindet, durch einen sehr schmalen Einschnitt in einem Kartenblatte betrachtet, so wird man längst dem Einschnitte mehrere Bilder, bisweilen auf sechs sehen. De la Hire sucht diese Erscheinung aus den kleinen Ungleichheiten auf der Oberfläche der Feuchtigkeiten des Auges herzuleiten, deren Wirkung man nicht gewahr werde, wenn die ganze Fläche der Pupille das Licht auffange, und folglich ein Hauptbild alle kleine Nebenbilder verdunkle; im gegenwärtigen Falle hingegen jedes dieser Nebenbilder besonders entworfen werde, und keins die Stärke besitze, daß es die übrigen undeutlich oder unsichtbar machen sollte.

Ferner, sagt de la Hire[h]), gebe es wenige Personen, bey welchen beyde Augen gleich gut wären, und dieß nicht allein in Rücksicht des deutlichen Sehens, sondern auch in Ansehung der Farbe der Objekte, besonders, wenn eins von beyden Augen einem starken Lichte ausgesetzt gewesen ist. Um sie mit einander zu vergleichen, thut er den Vorschlag, zwey feine Kartenblätter zu nehmen, in jedes ein rundes Loch von $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ Linie groß zu stechen, hiernächst jedes an ein Auge zu halten, und durch die Löcher auf ein gleichförmig erleuchtetes Papier zu sehen. Hierauf soll man die Karten so halten, daß die Kreise, welche auf dem Papier-

g) Accidens de la vue in den Mém. de l'Acad. de Paris. 1694. p. 400.

h) Ibid. p. 358.

Papiere erscheinen werden, sich einander berühren, so werde man die Beschaffenheit seiner beyden Augen sehr genau prüfen können. Um diesen Versuch mit desto besserm Erfolge anzustellen, giebt er den Rath, die Augen eine Zeitlang vorher verschlossen zu halten.

Auch unternahm es de la Hire, die Ursache der dunkeln Flecken anzugeben, welche besonders bey alten Leuten vor den Augen herum zu schweben scheinen. Sie erscheinen am meisten, wenn man das Auge auf eine gleichförmig weiße Sache, als z. B. Schnee im freyen Felde, richtet. Sind diese Flecken unbeweglich, so schreibt er sie dem ausgetretenen Blute auf der Netzhaut zu; sind sie aber beweglich, so glaubt er, daß sie durch eine undurchsichtige in der wässerichten Feuchtigkeit herumschwimmende Sache verursacht werden; denn die glasartige Feuchtigkeit hält er dazu nicht für flüssig genug.

Die außerordentliche Feinheit des Sehenervens zeigt de la Hire durch folgende Rechnung. In einer Entfernung von 4000 Klaftern kann man noch sehr gut das Segel eines sechs Fuß langen Windmühlenflügels sehen. Setzt man die Größe des Auges im Durchmesser Einen Zoll, so wird das Bild dieses Segels auf dem Boden des Auges $\frac{1}{8000}$ eines Zolles, oder etwa $\frac{1}{666}$ einer Linie groß, d. i. etwa der 66ste Theil einer Haarbreite oder der achte Theil eines einfachen seidenen Fadens seyn. Eine solche Feinheit muß also jede Fiber des Sehenervens besitzen; eine fast unbegreifliche Sache, da jede Fiber ein Röhrchen mit Lebensgeistern angefüllt ist. Könnten Vögel eben so weit, wie die Menschen, sehen, welches er für wahr-

wahrscheinlich hält, so müssen die Fibern ihrer Sehenerven noch weit feiner seyn [i]).

Ueber das Vermögen des Auges, vermöge dessen es sich selbst einrichten kann, Gegenstände in verschiedenen Entfernungen deutlich zu sehen, suchte de la Hire ebenfalls eine Erklärung zu geben, aber mit keinem großen Glück. Er behauptete, es sey zum Deutlichsehen in verschiedenen Entfernungen bloß eine verschiedene Oefnung der Pupille nöthig, die sich bey Betrachtung naher Gegenstände merklich verändert. Zum Beweise dieser seiner Hypothese bringt er folgenden Versuch bey. Er hatte einen kleinen schwarzen Flecken, nicht allein in der kürzesten, sondern auch in der weitesten Entfernung vom Auge, da es ihn noch deutlich sehen konnte, gestellt; hiernächst hatte er in ein Kartenblatt zwey Löcher so nahe und so groß an einander gemacht, daß man gerade den Flecken durch beyde zugleich sehen konnte, wenn man das Kartenblatt hart ans Auge hielt. Dieses Blatt ließ er demjenigen, welcher den Versuch machen wollte, vors Auge halten, nachdem er vorher das Objekt unverwandt eine Zeitlang betrachtet hatte, und nun erschien der Flecken sogleich doppelt. De la Hire zog hieraus die Folge, daß die Veränderung des Auges, wodurch die Verdoppelung des Bildes entsteht, keine Veränderung der Gestalt des Auges sey, weil sich dieß schon vorher eingerichtet habe, den Gegenstand deutlich zu sehen; daß aber die Weite der Pupille sich verändert haben möge, weil wegen des Blattes kein Licht von andern Gegenständen ins Auge kommen könne. Es ist

i) Accidens de la vue in den Mém. de l'Acad. de Paris. 1694. p. 375.

ist aber dagegen mit Recht erinnert worden, daß das Auge, da es den schwarzen Flecken an den Grenzen des deutlichen Sehens betrachtete, in einem Zustande der Anstrengung gewesen ist, von welcher es sich ohne Zweifel wieder erholt hat, während das Kartenblatt in die gehörige Lage gebracht wurde. Und da es ausgemacht ist, daß unser Auge das Vermögen besitzt, seine Gestalt zu verändern, so mußte nothwendig der Gegenstand durch das Kartenblatt betrachtet doppelt erscheinen, indem die Lichtstrahlen, welche durch beyde Löcher des Blatts fielen, die Netzhaut des Auges in zwey verschiedenen Punkten rührten.

D. Hooke[k]) führt die Bemerkung an, daß ein Objekt, welches man auch durch ein hundertmal so kleines Loch, als die Oefnung der Pupille ist, betrachtet, nicht anders aussehen werde, als wenn man es in freyer Luft betrachte. Nur bey stark erleuchteten Objekten sey das Loch dem Auge deßwegen vortheilhaft, weil es die Strahlen, welche sonst eine unrichtige Vorstellung erregt haben würden, schwäche und vermindere.

Daß die scheinbare Größe eines Objektes von dem Winkel abhange, unter welchem wir seine Länge und Breite betrachten, war bekannt. Auch war es nicht schwer zu bemerken, daß dieser Sehewinkel kleiner werden müsse, je weiter man sich vom Objekte entfernt, und daß er endlich so klein werde, daß sich das Objekt dem Auge völlig entzieht. Ueber diesen kleinsten dem menschlichen Auge noch empfindlichen Sehewinkel hat man verschiedene Versuche angestellt. D. Hooke[l]) bestritt Hevels Methode, die Winkel am Himmel

k) *Birch's* history. p. 503.

l) Animadvers. in partem primam machinae coelestis *Hevelii*.

mel durch bloße Dioptern ohne Fernrohr zu messen, und glaubte aus Versuchen annehmen zu können, daß selbst das schärfste Gesicht keine Winkel unter einer halben Minute mehr unterscheiden könne, und gewöhnliche Augen empfänden schon Winkel unter Einer Minute nicht mehr. Zwey Sterne, welche $\frac{1}{2}$ bis 1 Minute von einander abstünden, erschienen dem bloßen Auge wie ein einziger.

Einen hieher gehörigen besondern Gesichtsbetrug führt Honoratus Fabri [m]) an. Wenn nämlich in der Mitte eines Kartenblattes ein kleines Loch gemacht, sehr nahe an dieses Loch eine Stecknadel, und diese Nadel mit dem Blatte nahe ans Auge gebracht wird, dergestalt daß es gegen einen in einer großen Entfernung liegenden Gegenstand hinsieht, so scheint ihm die Nadel sehr vergrößert, umgekehrt und hinter dem Loche. Fabri erklärt diese Erscheinung sehr richtig auf diese Art. Auf die Netzhaut falle von der Nadel ein aufrechter Schatten, welcher wegen der verkehrten Lage des Bildes im Auge, in Absicht auf die umliegenden Gegenstände, als ein umgekehrter empfunden werde. Diesen nämlichen Gesichtsbetrug führt auch der Engländer Gray in den philosoph. Transact. an, erklärt ihn aber sehr irrig daraus, daß die Luft im Loche des Kartenblattes einen Hohlspiegel bilde.

Ein besonderer Umstand beym Sehen ist das so genannte Schielen. Es besteht dieß darin, daß diejenigen Personen, welche diesen Fehler besitzen, die Axe des einen Auges auf die Seite wenden, mit dem andern

m) Synopsis optica. Lugd. 1667. 4. p. 26.

andern aber gerade nach dem Gegenstande hinsehen. Die sonst gewöhnliche Meynung vom Schielen war diese, daß es von einem Mangel der gehörigen Uebereinstimmung zwischen den Augenmuskeln herrühre, welche deswegen nicht im Stande wären, beyde Augen auf ein und denselben Gegenstand zu richten. Der erste Grund hievon aber liege in einer in der Kindheit angenommenen Gewohnheit. Deßwegen schrieben auch die ältern Aerzte vor, die Kinder eine Art von Maske mit Löchern oder Röhren vor den Augen tragen zu lassen, damit sie genöthigt würden, beyde Augenaxen gerade auf den Gegenstand hinzurichten, und sie auf diese Weise in Uebereinstimmung zu bringen. Allein de la Hire[n]) war der Meynung, daß dieser Fehler seinen Grund in dem innern Baue des Auges selbst habe, wobey der empfindliche Theil der Netzhaut nicht in die Richtung der Augenaxen, sondern etwas zur Seite falle. Ohne Zweifel ist aber diese Meynung nicht richtig, indem sonst das Schielen unheilbar wäre. De la Hire scheint das Schielen mit dem so genannten Schiefsehen des einen Auges verwechselt zu haben.

Erfindungen und Verbesserungen optischer Werkzeuge.

Vor Newton glaubte man allgemein, daß die Unvollkommenheit der Fernröhre bloß von der Abweichung der Strahlen wegen der Kugelgestalt der Glaslinsen abhange. Um diese zu heben, schlug daher Cartesius vor, statt der sphärischen Linsengläser plan-convex-hyperbolische, oder convex-hyperbolische, oder elliptische und hyperbolische Menisken zu wäh-

n) Sur les differens accidens de la vue, in Mém. de l'Acad. de Paris. 1694.

wählen (Th. II. S. 89. f.). Selbst Newton o) gab anfänglich Cartesens Vorschlag Beyfall, und suchte dergleichen Gläser zu optischen Werkzeugen zu schleifen. Nachdem er aber im Jahre 1666. Untersuchungen mit dem Prisma über die Farben anstellte, so ward er dadurch gar bald überzeugt, daß die Unvollkommenheit der optischen Werkzeuge nicht so wol der Abweichung wegen der Kugelgestalt, sondern vielmehr der verschiedenen Brechbarkeit des Lichts in den Gläsern zuzuschreiben sey. Daher gab er die Bemühung, hyperbolische und elliptische Gläser zu schleifen, auf, indem er mit größerm Rechte behauptete, man müßte vor allen Dingen Sorge tragen, die Unvollkommenheit der Gläser wegen der verschiedenen Brechbarkeit des Lichts wegzuschaffen, indem dieß Hinderniß weit beträchtlicher und größer als die Abweichung wegen der Kugelgestalt wäre.

Die Abweichung des Lichts wegen der Farbe war eine von den vorzüglichsten Ursachen mit, warum man in der andern Hälfte des 17ten Jahrhunderts Fernröhre von so außerordentlicher Länge verfertigen mußte, wenn man sie zu einer ansehnlichen Vergrößerung der Objekte gebrauchen wollte. Weil aber dergleichen Fernröhre eine zu große Unbequemlichkeit in Ansehung ihrer Regierung besaßen, so erdachte Hartsöker p) eine Einrichtung, die Röhren ganz wegzulassen, und das Objektivglas in freyer Luft, etwa in der Spitze eines Baumes, einer Mauer u. s. f. zu befestigen. Diese Einrichtung erhielt daher auch den Nahmen Fernglas ohne Röhren, Luftfernglas.

Huy-

o) Princip. philos. natur. mathem. Lib. I. prop. XCVIII. schol.

p) Miscell. Berolin. Vol. I. p. 261.

Huygens q) suchte Hartsökers Erfindung beträchtlich zu verbessern. Er faßte das Objektivglas in eine kurze Röhre, welche sich nach allen Richtungen durch Hülfe einer Nuß drehen ließ, und befestigte es damit oben an einer langen Stange. Die Mittellinie dieser Röhre konnte er mit einem seidenen Faden richten, und sie in eine gerade Linie mit der Mittellinie einer andern kurzen Röhre bringen, worin das Augenglas befindlich war, und welche er in der Hand hielt. Auf diese Art konnte er auch noch so sehr vergrößernde Gläser in jeder Höhe des Gegenstandes, selbst im Zenith, brauchen, wenn nur die Stange die gehörige Länge besaß. Außerdem hatte er noch eine Erfindung angebracht, das Gestelle, worauf die Röhre mit dem Objektivglase ruhte, zu erheben, oder niederzulassen, um die Maschiene nach jeder Höhe des Gegenstandes zu richten. De la Hire r) verbesserte noch diese Methode, das Objektivglas zu regieren, welches er nicht in eine Röhre, sondern in ein Bret einschloß. Man findet dergleichen Maschinen abgebildet bey Smith s) und bey Wolf t). Nachdem man aber die Spiegelteleskope zu einem höhern Grad der Vollkommenheit brachte, und die achromatischen Fernröhre erfunden wurden, so sind diese sehr langen Fernröhre ganz aus der Mode gekommen.

Was für einen großen Einfluß die verschiedene Brechbarkeit des Lichts auf die Fernröhre habe, suchte Newton näher zu bestimmen. Es folgt nämlich daraus,

q) Astroscopia compendiaria tubi optici molimine liberata. Hag. 1684. 4

r) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1715.

s) Lehrbegriff der Optik durch Kästner Taf. XIX. fig. 56.

t) Elementa catoptricae. Tab. VIII. fig. 65.

daraus, daß dasjenige Licht, welches von einem Objekte auf eine Glaslinse fällt, hinter derselben in ein und demselben deutlichen Bilde sich nicht vereinigen könne; vielmehr muß ein jeder einzelner gefärbter Lichtstrahl einen eigenen Vereinigungspunkt geben. Es stelle (fig. 23.) ab eine Glaslinse, cf ihre Axe, und c einen leuchtenden Punkt in der Axe vor, welcher den Strahlenkegel acb auf das Glas sendet, so werden die dazu gehörigen Lichtstrahlen bey der Brechung im Glase auf diese Art zerstreut: die violetten Strahlen vereinigen sich zunächst dem Glase in dem Punkte e, die rothen aber am weitesten davon in f. Aus der Figur erhellet nun, daß der kleinste Vereinigungsraum des Lichts ein Kreis von dem Durchmesser hi seyn müsse. Newton bemerkt, daß dieser kleinste Raum für Parallelstrahlen ohngefähr den 55ten Theil der Breite der Apertur des Vorderglases in dem Fernrohre besitze, und daß die Vereinigungspunkte der am meisten und am wenigsten brechbaren Strahlen etwa um $\frac{1}{27\frac{1}{2}}$ der Brennweite der Strahlen von mittlerer Brechbarkeit von einander entfernt sind. Wenn hingegen die Strahlen von einem leuchtenden Punkte in der Axe eines erhabenen Glases ausgehen, und nicht zu weit hinter der Linse in Punkten sich vereinigen, so wird, sagt er, der Vereinigungspunkt der am meisten brechbaren Strahlen der Linse näher liegen, als der für die am wenigsten brechbaren, um einen Raum, der sich zu dem 27ten der Vereinigungsweite der Strahlen von mittlerer Gattung sehr nahe verhält, wie die Entfernung zwischen ihrem Vereinigungspunkte und dem leuchtenden Punkte zu der Entfernung dieses leztern von der Linse. Von der Richtigkeit dieser seiner Schlüs-

se

se überzeugte er sich durch genaue Messungen der Vereinigungsweiten verschiedener gefärbter Strahlen, deren jeden er auf die Schrift eines Buchs fallen ließ, und dabey die Entfernung bemerkte, in welcher sie am deutlichsten erschien [u]).

Hierauf suchte Newton durch eine Rechnung zu zeigen, wie groß die Abweichung der Strahlen wegen der Kugelgestalt der Gläser seyn würde, wenn sie alle gleich brechbar wären, und fand sie in Vergleichung mit der Abweichung der Strahlen wegen der verschiedenen Brechbarkeit unendlich gering. Allein seine Formel ist nicht ganz richtig. Er bestimmte das Verhältniß der Abweichung wegen der Kugelgestalt zu der der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen wie 1 : 5449.

Da also die Wirkung der Strahlen wegen der Brechbarkeit bey den Fernröhren so groß ist, so, sagt er, frage es sich, woher es komme, daß die Fernröhre die Objekte so deutlich darstellten, als es sich in der That finde? Seine Gründe, die er deßwegen anführt, sind diese. Die zerstreueten Strahlen seyn nicht über den erwähnten kreisrunden Raum gleichförmig verbreitet, sondern im Mittelpunkte unendlich viel dichter zusammen, als in irgend einem andern Theile dieses Kreises; von dem Mittelpunkte aus würden sie gegen den Umfang hin continuirlich dünner, bis sie am Umfange selbst unendlich dünner wären; daher wären diese zerstreueten Strahlen nicht stark genug, daß sie empfunden werden könnten, außer im Mittelpunkte und nahe dabey [x]).

Ueber-

u) Optice. Lauf et Genev. 1740. 4. lib. I. P. I. prop. VII. exp. XVI. p. 57. sqq.

x) Ibid. p. 68.

Ueberdem bemerkt er, daß unter den prismatischen Farben gelb und orange am lebhaftesten sind. Diese rühren das Auge stärker, als alle übrige zusammen; am nächsten kommen ihnen an Stärke roth und grün. Blau ist in Vergleichung mit jenen eine matte und dunkle Farbe, und indigo und violet sind noch matter und dunkler, so daß sie in Vergleichung mit den lebhaftern Farben von geringer Erheblichkeit sind. Man muß daher die Bilder der Gegenstände nicht in den Vereinigungspunkt der Strahlen von mittlerer Brechbarkeit, d. i. in die Grenzen zwischen Grün und Blau, setzen, sondern in den Vereinigungspunkt derjenigen Strahlen, welche zwischen den orangefarbigen und gelben fallen, und zwar der von der hellsten Gattung d. i. solcher gelber, welche sich mehr zum Orange als Grün neigen. Das Brechungsverhältniß dieser Strahlen im Glase ist 17 zu 11, und es ist dasjenige, welches zum optischen Gebrauche, die Brechung des Glases zu messen, dienen muß. Gesetzt also, das Bild eines Objektes falle in den Vereinigungspunkt dieser Strahlen, so werden nun alle gelbe und orangenfarbige in einen Kreis zusammen kommen, dessen Durchmesser etwa der 250ste Theil des Durchmessers der Apertur des Objektivglases ist, und das Licht aller andern Farben, welche außerhalb dieses Kreises fallen, wird so schwach gegen jenes seyn, daß es den Augen kaum empfindlich ist. Daher kann man setzen, daß das Bild eines leuchtenden Punktes, in so weit es den Augen empfindlich ist, schwerlich größer als ein Kreis sey, dessen Diameter der 250ste Theil des Diameters der Apertur des Objektivglases in einem guten Fernrohre ist. Wenn also die Oefnung 4 Zoll, und die Brennweite des Objektivglases 100 Fuß wäre, so würde das Bild nicht über 2″ 45‴

oder

oder 3'' groß seyn; und in einem Fernrohre, dessen Oefnung 2 Zoll und die Länge 20 bis 30 Fuß betrüge, könne das Bild 5'' oder 6'', schwerlich aber größer seyn. Dieß stimmt auch sehr gut mit den Erscheinungen der Fixsterne durch solche Fernröhre überein [y]).

Indessen berechnet doch Newton, daß in einem Fernrohre von 100 Fuß mit einer Oefnung von 4 Zoll die größte von der Kugelgestalt des Glases herrührende Abweichung sich zu der Abweichung wegen der verschiedenen Brechbarkeit des Lichts wie 1 zu 1200 verhalte. Hieraus erhelle aber hinlänglich, daß es nicht die sphärische Gestalt der Gläser, sondern die verschiedene Brechbarkeit des Lichts sey, was der Vollkommenheit der Fernröhre im Wege steht [z]).

Newton führt noch einen andern Beweis darüber an. Die Durchmesser der Zerstreuungskreise, welche von der Figur der Gläser abhangen, verhalten sich wie die Würfel der Oefnungen der Objektivgläser, und daher müßten, wenn zwey Fernröhre von ungleicher Länge mit gleicher Deutlichkeit den Gegenstand darstellen sollten, die Oefnungen der Objektivgläser und ihre vergrößernden Kräfte sich wie die Würfel der Quadratwurzeln der Längen der Fernröhre verhalten, welches aber der Erfahrung nicht entspricht. Aber die Zerstreuungen der Strahlen wegen der verschiedenen Brechbarkeit verhalten sich wie die Oefnungen der Objektivgläser, und deßwegen müssen, um in ungleich langen Fernröhren eine gleiche Deutlichkeit der betrachteten Objekte zu erhalten, die Oefnungen und vergrößern-

y) Optice. Lauf. et Genev. 1740. 4. lib. I. P. I. prop. VII. exp. XVI. p. 69. sq.

z) Ibid. p. 71.

ßernden Kräfte sich wie die Quadratwurzeln der Längen verhalten. Dieß stimmt auch, wie bekannt, mit der Erfahrung sehr gut überein. Z. E. ein Fernrohr von 64 Fuß Länge mit einer Oefnung $2\frac{2}{3}$ Zoll weit stellt ein Objekt 120mal vergrößert und doch eben so deutlich vor, wie ein Fernrohr von 1 Fuß Länge mit einem Oefnungsdurchmesser von $\frac{1}{8}$ Zoll, welches nur 15mal vergrößert.

Wenn es keine Strahlen von verschiedener Brechbarkeit gäbe, so ließen sich die Fernröhre noch ungemein dadurch verbessern, daß man die Objektivgläser aus zwey Gläsern mit Wasser dazwischen zusammensetzte. Es sey nämlich (fig. 24.) ADFC ein Objektivglas aus zwey Linsen ABED und BEFC zusammengesetzt, wovon die äußern Flächen AGD und CHF eine gleiche Convexität haben, und die innern Flächen BME und BNE nach einem Durchmesser geschliffen sind, welcher sich zu D, wie die Cubikwurzel aus KK — KI zur Cubikwurzel aus RR — RI verhält, so werden die Fehler der Brechungen in den convexen Flächen, in so weit sie aus der sphärischen Gestalt entspringen, durch die Brechungen in den concaven Flächen ungemein verbessert werden, und man würde auf diese Art sehr vollkommene Fernröhre verfertigen können, wenn die verschiedenen Arten der Lichtstrahlen nicht verschiedene Brechbarkeit hätten. Daher, sagt er, bleibe nur das einzige Mittel noch übrig, ihre Länge zu vergrößern, und rühmt deßwegen Huygens Einrichtung, Objektivgläser von großen Brennweiten ohne Röhren zu gebrauchen [a]).

Die-

a) Optice. Lauf. et Genev. 1740. 4. lib. I. P. I. prop. VII. exp. XVI. p. 72. sq.

Dieser von Newton gemachte Vorschlag zur Verbesserung der Fernröhre, in Absicht auf die Abweichung wegen der Gestalt der Gläser, gab in der Folge Eulern Gelegenheit mit zur Erfindung der achromatischen Fernröhre. Newton glaubte aber, daß mit der Strahlenbrechung die Farbenzerstreuung unzertrennlich verbunden sey, und gab daher alle Hofnung auf, die Fernröhre auf irgend eine Art zu verbessern. Er wandte vielmehr seine Aufmerksamkeit auf die Spiegelteleskope. Da ihm aus Gregory's und anderer Erfahrung bekannt war, daß es schwer hielt, Spiegeln die Gestalt der Kegelschnitte zu geben, so blieb er auch bey sphärischen Hohlspiegeln stehen. Er brachte bald ein Teleskop mit einem Metallspiegel zu Stande, welches 30 bis 40mal vergrößerte. Dieß Teleskop, welches er an die königliche Societät übersendet hatte, ward im Jahre 1672 in Gegenwart des Königs, des D. Hooke und vieler andern Personen untersucht, und erhielt so viel Beyfall, daß man es für gut fand, eine Beschreibung davon, welche Newton selbst nebst einer Zeichnung aufsetzte, an Huygens, der sich damals in Paris aufhielt, zu übersenden [b]). Die Beschreibung dieses Teleskops befindet sich in den philosophischen Transactionen des Jahrs 1672 und etwas abgeändert in seiner Optik. Es hatte folgende Einrichtung. In einer inwendig geschwärzten Röhre (fig. 25.) abcd befindet sich am Boden bc ein sphärischer Hohlspiegel von Metall eghf. Ferner wird in dieser Röhre weiter vorwärts der ebene Metallspiegel kl von dem Träger i gehalten, an welchem die von dem Spiegel eghf zurückgeworfenen Strahlen op und qr seitwärts reflektirt werden, und sich in f zu einem Bilde vereinigen. Dieser Punkt f ist

b) *Birch's history.* Vol. III. p. 4.

ist zugleich der Brennpunkt der planconvexen Linse n, durch welche das Bild i vom Auge betrachtet wird. Man sieht also in das Newtonsche Spiegelteleskop nach den Gegenstand oq hin nicht gerade, sondern von der Seite hinein, wobey zwar das Suchen des Objektes mit einiger Schwierigkeit verbunden, aber im Gegentheil die Betrachtung des Gegenstandes nach allen möglichen Richtungen sehr bequem ist.

Da aber Newton durch die angewandten Metallspiegel die erwünschte Deutlichkeit nicht erlangen konnte, so schlug er in seiner Optik c) statt des Metallspiegels eghf ein Glas, welches an der Vorderfläche hohl, an der Hinterfläche erhaben, an allen Stellen gleich dick und auf der Hinterseite mit Quecksilber belegt wäre, statt des Planspiegels lk aber ein gläsernes oder krystallenes Prisma klm vor, welches die Strahlen von der Fläche lk zurücksende. Hinter dem Okularglase gehen die Strahlen durch ein kleines Loch in einer Metallplatte, um die vom Rande des Spiegels herkommenden Strahlen aufzufangen, und dadurch dem Bilde mehr Deutlichkeit zu verschaffen. Nach seiner Versicherung soll ein solches Werkzeug 6 Fuß lang (vom Spiegel bis zum dreiseitigen Prisma, und von da bis f gerechnet), wenn es gut gearbeitet sey, eine Oefnung von 6 Zollen am Spiegel vertragen, und 200 bis 300mal vergrößern. Auch werde es gut seyn, sagt er, wenn der Spiegel 1 bis 2 Zoll breiter sey, als die Oefnung, und das Glas eine solche Dicke besitze, daß es sich bey der Bearbeitung nicht biege. Auch soll das Prisma nicht dicker seyn als nöthig ist, und die Fläche kl überdem mit kei-

c) Optice. lib. I. P. I. prop. VIII. p. 77. sqq.

keiner Folie belegt werden, weil sich das Prisma so stellen lasse, daß alle Strahlen zurückgeworfen würden.

Er führt noch an, daß dieses Teleskop die Objekte verkehrt darstellt; man könne aber das Bild dadurch aufrecht machen, wenn die Seitenflächen des Prisma nicht eben, sondern sphärisch erhaben wären, daß die Strahlen sich sowol, ehe sie aufs Prisma fielen, als auch nachher zwischen demselben und dem Augenglase kreuzten. Solle ferner dieß Werkzeug eine größere Oefnung vertragen können, so müsse man den Spiegel aus zwey Gläsern mit Wasser dazwischen zusammensetzen.

Die Beschreibung dieses seines Spiegelteleskopes beschließt er mit folgenden allgemeinen Bemerkungen. Würde man auch im Stande seyn, sagt er, durch die Kunst ein Teleskop in größt möglichster Vollkommenheit zu Stande zu bringen, so werden doch gewisse Grenzen statt finden, welche eine größere Vollkommenheit der Teleskope unmöglich machen. Denn die Luft, durch welche wir sehen, ist in einer beständig zitternden Bewegung, wie wir dieß an den Schatten hoher Thürme, und an dem Blinkern der Fixsterne wahrnehmen. Diese blinkern aber nicht, wenn man sie durch Fernröhre mit breiten Oefnungen betrachtet; denn die Lichtstrahlen, welche durch verschiedene Stellen der Oefnung gehen, zittern jede besonders, und fallen daher zu gleicher Zeit in verschiedene Punkte auf den Boden des Auges; aber ihre zitternde Bewegungen sind zu schnell und mit einander gemischt, als daß man sie von einander unterscheiden könnte. Alle diese Punkte bringen einen breiten hellen Punkt zu Stande, und verursachen, daß der Stern breiter, als er wirklich ist, erscheint, ohne zu zittern. Lange Teleskope kön-

können wol die Gegenstände größer und heller machen, als es kürzere zu thun im Stande sind; allein sie werden doch nie von der Undeutlichkeit, welche vom Zittern der Luft herrührt, ganz frey gemacht werden können. Das einzige Mittel hiezu ist eine ganz reine und heitere Luft, wie sie es etwa auf den Spitzen der höchsten Berge über den dicken Wolken seyn mag.

Als Newton sein Spiegelteleskop in den Transactionen bekannt gemacht hatte, eignete sich ein Franzose Cassegrain [d]) die Erfindung eines Teleskops zu, welches mit dem Gregoryschen eine große Aehnlichkeit hat. Cassegrain wurde daher beschuldigt, er habe Gregory's Erfindung nur nachgeahmt, und, um sie abzuändern, bloß einen convexen kleinern Spiegel statt einen hohlen sphärischen gewählt. Der große Spiegel ist nämlich ein sphärischer Hohlspiegel, welcher durchbort ist, und der kleine ein Convexspiegel. Dieses Cassegrainsche Spiegelteleskop wird um die doppelte Brennweite des kleinern Spiegels kürzer, als das Gregorysche, zeigt aber die Objekte verkehrt. Montücla glaubt, daß das Cassegrainsche Teleskop in Rücksicht der Theorie einige Vorzüge vor dem Newtonschen habe, sowol weil es kürzer, als auch weil der kleine Convexspiegel durch die Zerstreuung der Strahlen das Bild, welches der erste Spiegel zu Stande bringt, gar sehr vergrößern müsse. Newton [e]) hat gegen das Cassegrainsche Teleskop einige Einwendungen gemacht, welche zum Theil auch das Gregorysche treffen, gleichwol leistet es, wenn es gut gearbeitet ist, vortreffliche Dienste.

d) Journal des savans. 1672.

e) Philosoph. Transact. n. 83. p. 4037.

Es ist in der That zu verwundern, daß alle bisher angeführten schönen Vorschläge der Spiegelteleskope, wovon doch einige schon zur Ausübung gebracht waren, in einem Zeitraume, in welchem die Naturforscher und Mathematiker so unermüdet arbeiteten, eine geraume Zeit nicht geachtet wurden. Man war noch zu sehr für den Gedanken eingenommen, daß es sich wol mehr der Mühe belohne, die Fernröhre zu einem höhern Grad der Vollkommenheit zu bringen, als auf neue Einrichtungen von Werkzeugen dieser Art zu denken.

Erst im Jahre 1718 fieng John Hadley von neuem wieder an, diesen wichtigen Gegenstand mit besserm Glücke in Ausübung zu bringen. Er überreichte im Jahre 1723 der londner königlichen Societät ein nach Newton's Entwurfe verfertigtes Teleskop. Der große Spiegel hatte 10 Fuß 5¼ Zoll im Durchmesser, daß folglich seine Brennweite 62⅝ Zoll war f). Pound und Bradley untersuchten dieß Teleskop gemeinschaftlich, und statteten von der Güte desselben den vortheilhaftesten Bericht ab g).

Mit einem dieser Teleskope, dessen großer Spiegel noch nicht völlig 5½ Fuß Brennweite hatte, und mit dem berühmten Huygensschen Fernglase ohne Röhre, dessen Objektivglas eine Brennweite von 123 Fuß besaß, stellte man eine Vergleichung an, und fand, daß jenes ein eben so großes Okularglas vertrug, eben so stark vergrößerte, und dieselbe Deutlichkeit, jedoch nicht mit derselben Klarheit und Helligkeit, gewährte. Letzteres schrieb man zum Theil der Verschiedenheit der Oefnung, als welche in dem Huygens-

f) Philosoph. Transact. n. 376. p. 303.
g) Ibid. n. 378. p. 382.

genschen Fernglase etwas größer war, zum Theil einigen kleinen Flecken auf der Fläche des Objektivspiegels, welche sich nicht wol polieren ließen, zu. Unerachtet dieser geringen Helligkeit konnte man mit diesem Hadley'schen Teleskope alles das sehen, was bisher mit Huygens Fernglase entdeckt war, besonders die Durchgänge der Jupiterstrabanten, und die Schatten, die sie auf diesen Planeten machten, den schwarzen Streifen auf dem Ringe des Saturnus, und den Rand des Schattens, welchen dieser Planet auf seinen Ring wirft. Durch dieses Teleskop sahe man mehrmals die fünf Trabanten des Saturnus besser, als durch das lange Fernrohr, bey welchem die Dämmerung in den Sommernächten sehr hinderlich war, weil es keine Röhren hatte.

Ueberhaupt fiel das Urtheil über die Hadley'schen Spiegelteleskope so aus, daß sie für die ausübende Astronomie den gewöhnlichen dioptrischen Fernröhren weit vorzuziehen seyn würden, wenn es möglich wäre, die Metallspiegel vor dem Anlaufen zu bewahren, oder auch eben so gute hohle Glasspiegel zu verfertigen.

Hadley fand bey der Einrichtung der Newtonschen Spiegelteleskope einige Unbequemlichkeiten, besonders da man in selbige seitwärts sehen muß. Daher zog er Gregory's Einrichtung vor, welche er seit dem Jahre 1726 mit großer Vollkommenheit verfertigte. Sie besteht in folgenden.

In der messingenen Röhre (fig. 26.) abcd befindet sich am Boden bc ein in der Mitte durchlöcherter Spiegel gh, und in der Axe des Spiegels ein kleiner Hohlspiegel ef, welcher sich hin und her schieben läßt. Wäre nun rs ein sehr weit entlegenes Objekt, welches von jedem Punkte Parallelstrahlen auf

die Spiegelfläche gh sendet, wovon hier ein Paar von r, und ein Paar von s her kommende vorgestellt sind, so werden diese nach der Reflexion in der Spiegelfläche ein verkehrtes Bild pq zuwege bringen. Von diesem Bilde fallen nun die Strahlen wie von einem wirklichen Gegenstande auf den kleinen Spiegel ef, und werden von selbigem so zurückgeworfen, daß sie in xy ein aufrechtes Bild machen würden, welches von dem Auge o durch ein einfaches Glas betrachtet werden könnte. Da aber das Auge auf solche Art nur einen kleinen Theil des Objektes übersehen würde, so gebraucht man lieber zwey oder mehrere Augengläser, und verbindet diese, wie bey zusammengesetzten Mikroskopen so mit einander, daß das letzte Bild im Brennpunkte des Okulars wn liegt. In dem in der Figur vorgestellten Falle, wo zwey Okulare mit einander verbunden sind, werden diejenigen Strahlen, welche das Bild xy machen würden, noch ehe dieß geschieht, durch das Okular ki aufgefangen, so daß sie sich schon in vz vereinigen, und daselbst ein kleines aufrechtes Bild zu Stande bringen, welches von dem Auge o durch den Meniskus wn betrachtet wird, in dessen Brennpunkte das Bild des Gegenstandes liegt. Dieß bringt nun die auf den Meniskus fallenden Strahlenkegel parallel ins Auge, welches also das Bild deutlich und aufrecht sieht.

Die Vergrößerung bey diesem Teleskope läßt sich auf folgende Art finden. Man setze (fig. 24.) b sey der Brennpunkt des großen Spiegels gh, und c der Brennpunkt des kleinern ef. Wenn nun em einen Strahl vorstellt, welcher von dem obersten Punkte eines weit entlegenen Objektes durch den Brennpunkt b geht, so wird er von der Spiegelfläche gh mit der

Axe

Axe cq parallel, und von dem Spiegel ef durch seinen Brennpunkt c nach k reflektirt. Hier bricht ihn das plancouvexe Glas ki in die Lage kq, in welcher er auf den Meniskus wn fällt, und nach der Brechung in selbigem die Axe in o schneidet. Das Auge in o erhält also nun von dem obern Punkte des Objektes lauter Strahlen mit wo, und von dem Punkte, der in der Axe des Spiegels liegt, lauter Strahlen mit der Axe parallel. Nimmt man nun an, das Objekt stehe auf der Axe des Spiegels senkrecht, so wird auch das Auge selbiges unter dem vergrößerten Winkel o sehen, da es selbiges mit bloßen Augen in m unter dem Winkel y sehen würde: mithin kommt die Vergrößerung bloß auf das Verhältniß der Winkel o und y an. Weil für solche kleine Winkel, wie x und y, sich ihre Tangenten wie die Winkel selbst verhalten, so hat man

$$y : x = pc : ab$$
$$x\ (= kca) : q = dq : cd$$
$$q : o = lo : lq$$

mithin $y : o = pc \cdot dq \cdot lo : ab \cdot cd \cdot lq.$

Man kann wol leicht vermuthen, daß sich die Naturforscher in diesem Zeitraume mit Verbesserungen der Mikroskope eben so sehr beschäftigten, wie mit den Fernröhren. Weil zu den einfachen Mikroskopen die kleinen Linsengläser von sehr geringer Brennweite nicht gut zu schleifen waren, so verfiel Hartsoeker um das Jahr 1668 darauf, statt der gewöhnlichen kleinen Gläser, kleine an einer Lichtflamme geschmolzene Glaskügelchen zu einfachen Mikroskopen zu nehmen. Mit diesen entdeckte er zuerst die so genannten Saamenthierchen, welche zu einem neuen Systeme der Zeugung Veranlassung gaben. Schon D. Hoo-

ke hatte in seiner Mikrographie zum Gebrauche der Vergrößerung solche kleine Glaskügelchen vorgeschlagen, kam aber erst in der Folge darauf, sie durch Schmelzung im Lampenfeuer zu bereiten. Die Fokuslänge der Glaskügelchen beträgt den vierten Theil, oder von der Mitte der Kugel angerechnet, $\frac{3}{4}$ ihres Durchmessers. Auf diese Art berechnet Huygens h) die Vergrößerung, indem er sie im Verhältnisse von $\frac{3}{4}$ des Durchmessers zu 8 Zoll, als der Grenze des deutlichen Sehens annimmt. Hat z. B. ein Kügelchen $\frac{1}{12}$ Zoll im Durchmesser, so ist seine Vergrößerung auf 128 zu setzen.

Unter allen hat sich durch mikroskopische Beobachtungen niemand mehr als Leuwenhoek hervorgethan. Er gebrauchte hiezu bloß einfache Linsengläser von kurzen Brennweiten, die er sich selbst verfertigte, weil ihm mehr an Deutlichkeit als an Vergrößerung gelegen war. Leuwenhoeks Mikroskope waren lauter einfache. Ein jedes bestand aus einem auf beyden Seiten erhabenen Glase, welches zwischen zwey silbernen, zusammengenieteten und in der Mitte durchborten Platten in einer Vertiefung lag. Das Objekt ward mit Leim auf einer Nadel befestigt, welche man in jede beliebige Entfernung vom Glase bringen konnte. Den größten Theil dieser Linsen vermachte er der Societät zu London. Sie wurden von Folkes und Baker untersucht, und von keiner stärkern, als 160 facher Vergrößerung, aber von ungemeiner Deutlichkeit befunden. Seine Entdeckungen hat man also nicht sowol der vergrößernden Wirkung seiner Gläser, als vielmehr seiner durch den langen Gebrauch sich erworbenen Fertigkeit im Urtheilen, und der geschickten Zubereitung der Objekte zu verdanken.

h) Dioptr. prop. 59.

Uebrigens führt Leuwenhoek [i]) eine eigene Einrichtung an, durch welche er vermögend sey, den Kreislauf des Bluts in Aalen zu beobachten. Er sagt nämlich, er besitze ein Instrument, an welches sich ein in Messing gefaßtes Mikroskop schrauben ließe, auf diesem Mikroskope sey eine kleine messingene Schüssel befestigt, und das Messing sey rund um das Mikroskop so ausgefeilt, daß es alles mögliche Licht auf den zu betrachtenden Aal zurückwerfen müßte. Vermuthlich hat diese Anzeige in der Folge dem D. Lieberkühn die Veranlassung gegeben, Mikroskope für dunkle Objekte zu erfinden.

Im Jahre 1702. beschrieb Wilson in den philosoph. Transact. eine solche Einrichtung des einfachen Mikroskops, welche wegen der sehr großen Bequemlichkeit allgemein beliebt wurde. Sie besteht aus zwey Röhren, welche in einander geschraubt werden können. Die eine Röhre, welche in die andere geschraubt wird, besitzt am Ende (fig. 28.) ac ein großes erhabenes Linsenglas, dessen Brennweite etwa bis zu Ende b des ganzen Werkzeuges sich erstreckt. Dieses Glas dient zur Erleuchtung der um die Gegend b herum angebrachten kleinen Gegenstände, wenn es gegen das Tageslicht gehalten wird. In der andern Röhre, in welche die erstere eingeschraubt wird, ist eine Spiralfeder von einigen Windungen aus Drath angebracht, welche sich gegen zwey an einander liegende runde Platten stemmt, die in der Mitte durchbort sind. Auch hat diese Röhre an der Vorderseite b das zur Vergrößerung dienende Linsenglas, welches in eine hohle oder trichterförmige Fassung eingelegt ist, so daß man das Auge bequem in die Hölung bringen, und

i) Arcana natur. detecta. Delph. 1695. 4. p. 185.

und dem Glase so nahe als möglich rücken kann. Beyde Röhren sind an den Seiten beynahe ihrer ganzen Länge nach ausgeschnitten und offen. Die kleinen Objekte liegen zwischen kleinen Plättchen von dünnem Glase oder so genanntem Katzenspathe in einem der Länge nach durchlöcherten Schieber eingeklemmt, welcher zwischen den beyden durch die Spiralfeder an einander geklemmten Platten allmählich durchgeschoben werden kann. Weil auf diese Art der Schieber in allen Stellungen von der Feder gehalten wird, so kann man das ganze Instrument bequem an dem Handgriffe halten, die Seite b, wo das zur Vergrößerung dienende Linsenglas sich befindet, an das Auge bringen, und die andere Seite ac gegen das Licht kehren. Hiernächst wird man beyde Röhren so lange in einander hin und her zu schrauben haben, bis das Objekt in dem Schieber dem Auge völlig deutlich ist. Es wird dieses einfache Mikroskop noch jetzt sehr häufig aus Messing, Elfenbein, Horn, gutem Holze u. d. gl. verfertigt, und mit einer Anzahl von Schiebern, welche mikroskopische Gegenstände enthalten, in einem Etuis aufbewahrt. Gemeiniglich hat es diese Einrichtung, daß man bey b Einfassungen mit größern und kleinern Linsen nach Belieben einschrauben kann. Zur Betrachtung flüssiger Körper sind hohle gläserne Röhren dabey, welche man mit den zu betrachtenden Flüssigkeiten füllt und zwischen die Platten bringt. Dieses Wilson'sche Mikroskop hat nachher Lieberkühn zu seinem Sonnenmikroskope gebraucht, und es wird daher auch das Lieberkühn'sche Mikroskop genannt.

Im Jahre 1710 übergab Adams der königlichen Societät zu London eine Methode, kleine Kügelchen zu starken Vergrößerungen zuzubereiten. Er

nahm ein Stück feines Fensterglas, zerschnitt es mittelst eines Diamants in eine beliebige Anzahl Streifen, welche nicht über $\frac{1}{8}$ Zoll breit waren. Hierauf hielt er einen derselben zwischen zwey Finger jeder Hand über eine sehr reine Flamme, bis das Glas weich wurde, zog es aus einander, daß es so fein wie ein Haar ward, und bis es zerbrach. Alsdann hielt er das Ende jedes Stücks in den reinsten Theil der Flamme, und erhielt auf diese Art sogleich zwey Kügelchen, welche er nach Belieben größer oder kleiner machen konnte. Hielt er sie lange in die Flamme, so bekam sie Flecken; daher zog er sie sogleich, als sie rund waren, heraus. Den Stiel brach er an der Kugel so nahe als möglich ab, und legte das übrige zwischen die Platten, worin genau runde Löcher gedreht waren. Auf solche Art erhielt er ein gutes Mikroskop. Durch diese Kügelchen, sagt er, erschien ihm ein Faden von feinem Musselin drey bis 4mal dicker, als durch die stärksten Wilson'schen Mikroskope.

Noch andere Einrichtungen der einfachen Mikroskope beschreibt Wolf [k]). Zwey von Johann Musschenbroek, welcher sich besonders Wolf zu seinen mikroskopischen Versuchen vielfältig bediente, beschreibt er so: bey dem einen oder größern wird die Glaslinse mit der Fassung an die Spitze einer zirkelförmigen Vorrichtung und das zu betrachtende Objekt an die andere Spitze derselben befestigt. Durch das Auf- oder Zumachen dieser Vorrichtung wird hiernächst Gegenstand und Glas in die gehörige Entfernung von einander gebracht. Daher auch dieses Mikroskop den Nahmen des Zirkelmikroskops erhalten hat. Das andere oder kleinere Musschenbroeksche Mikroskop besteht

k) Nützliche Versuche. Th. III. Cap. 6.

besteht aus fünf Glaskügelchen, wovon eins immer kleiner als das andere ist. Diese Kügelchen sind in dünnes Messing eingefaßt, und können auf ein besonders dazu eingerichtetes Gestelle befestigt werden, um den Gegenstand in die nöthige Entfernung von den Kügelchen zu bringen. Eine andere von dem Prediger in Zeiß Gottfried Teuber herrührende Einrichtung besteht aus zwey messingenen Platten, welche sich in einem Charniere so bewegen, daß sich der Winkel, den sie machen, mehr öffnen oder schließen läßt. In der einen Platte liegen die Linien oder Kügelchen, in der andern das Objekt auf einer Glasplatte. Die ganze Vorrichtung wird an einem Griffe gehalten, und das Objekt gegen das Tageslicht betrachtet.

Vermöge der Theorie würden die Glaskügelchen wegen ihrer erstaunend vergrößernden Wirkung zu Mikroskopen am geschicktesten seyn; allein in der Ausübung finden sich wegen Anbringung des Objektes, wegen Mangel an Licht, und wegen der Klarheit des deutlichen Gesichtsfeldes Schwierigkeiten, welche sie zum Gebrauche unbrauchbar machen.

Wolf[l]) äusserte auch den Gedanken, daß man die Zauberlaterne als ein Vergrößerungswerkzeug gebrauchen könne. Denn er sagt, die Materien, welche man im Kleinen betrachtet, sind gemeiniglich durchsichtig. So gut nun das Licht bey den gewöhnlichen Vergrößerungsgläsern durch sie durchfallen kann, daß man sie dadurch gar wol erkennen kann, so gut kann es auch in der Zauberlaterne durchfallen. Was aber daselbst das Licht durchfallen läßt, das wird an der Wand groß abgemalt. Man könnte demnach aus diesem Grunde eine neue Art eines Vergrößerungsglases ver-

l) Nützliche Versuche. Cap. 8. §. 114.

verfertigen, das in einigen Fällen nicht geringe Dienste leisten würde. Vielleicht hat Wolfs Gedanke dem D. Lieberkühn Veranlassung zur Erfindung des Sonnenmikroskops gegeben.

Stephan Gray m) fiel auf ein leichtes Mittel, mit sehr wenigen Kosten gute Mikroskope, aber nur auf eine Zeitlang, zu machen. Man nimmt nämlich mit der Spitze einer Nadel einen Wassertropfen auf, und thut ihn in ein kleines Loch in einer metallenen Platte, wo er die kugelförmige Gestalt annimmt, und als ein kleines Linsenglas dient. Besonders merkwürdig war es ihm, daß kleine im Tropfen selbst befindliche lebende Thierchen sehr vergrößert erschienen, da sie sonst, an die gehörige Stelle außerhalb des Kügelchens gebracht, nicht so groß waren. Nach optischen Gründen wirkte hier die Hinterfläche des Wassertropfens als ein Hohlspiegel. Es heißt dieses Mikroskop auch Gray's Wassermikroskop.

Was die Mikrometer betrift, so hat man gesucht, sie in diesem Zeitraume ebenfalls zu verbessern. Der Berliner Astronom, Gottfried Kirch n) hat 1679 ein sehr einfaches und wohlfeiles Mikrometer erfunden, und zuerst im Jahre 1696 bekannt gemacht. Es ist dieses Mikrometer unter dem Namen des Schraubenmikrometers bekannt, und in der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts allgemein gebraucht worden. Entfernungen der Sterne von einander zu messen, zieht es Euler o) allen andern vor. Es besteht aus einem messingenen Ringe (fig. 29), welcher

m) Philos. Transact. n. 221. 223.

n) Miscellan. Berolinens. p. 202. sqq.

o) Mémoir. de l'Acad. de Prusse. 1748. p. 121.

cher an der Stelle des Brennpunktes der Gläser um das Fernrohr gelegt wird, und welcher zwey diametral entgegengesetzte Mutterschrauben besitzt, in welche die Schrauben ce und df passen, die so weit hineingeschraubt werden können, daß ihre Enden e und f im Mittelpunkte des Gesichtsfeldes zusammenkommen. Die beyden runden Scheiben a und b enthalten Kreise mit Abtheilungen, und die Handhaben c und d können durch ihre Richtung die Stelle der Zeiger vertreten. Wenn man nun durch das Fernrohr eine kleine Entfernung betrachtet, so kann man die beyden Schrauben ce und df so weit zusammenschrauben, daß ihre Enden e und f das Bild der Entfernung zwischen sich enthalten. Hierauf werden e und f ganz zusammen geschraubt, und die dazu nöthigen Umdrehungen gezählt, wobey die Handhaben c und d durch ihre Richtung gegen die Scheiben a und b noch halbe, viertel, achtel Umdrehungen u. s. f. angeben. Auf diese Art weiß man die Größe des Bildes in Umdrehungen der Scheibe. Was nun den Werth eines Schraubenganges betrift, so ließe sich zwar dieser aus der Brennweite des Objektivglases und der Weite der Schraubengänge durch Rechnung finden; allein es ist weit sicherer, ihn durch Erfahrung zu bestimmen. Hierzu sind aber bekannte Entfernungen zweyer fester Punkte am Himmel, oder die Zeit, welche ein Fixstern gebraucht, um durch die tägliche Bewegung von einer Schraube zur andern geführt zu werden, oder auch nur die scheinbare Größe irgend eines Gegenstandes auf der Erde, dessen Entfernung bekannt ist, nöthig. Wäre die scheinbare Größe eines irdischen Gegenstandes = ϕ Sekunden, seine Entfernung = β, die Brennweite des Objektivs = λ, und die Zahl der Umdrehungen für das Bild dieses Gegenstandes = γ, so ist nach

Herrn

Herrn Kästner [p]) der Werth der Umdrehung $= \frac{\varphi . \beta}{(\beta - \lambda) \gamma}$ Sekunden. Dieser Werth einer jeden Umdrehung ist zwar etwas zu klein, aber der Fehler ist unbeträchtlich, wenn nur die Entfernung des irdischen Gegenstandes sehr groß ist.

De la Hire [q]) beschreibt ein Mikrometer aus unbeweglichen parallelen Linien oder Gittern, und zieht dasselbe zur Beobachtung der Sonnen- oder Mondfinsternisse allen andern vor. Er sagt, die Gitter mache man gewöhnlich aus seidenen Fäden, oder man gebrauche dazu in Oel getränktes Papier mit sechs darauf gezeichneten concentrischen Kreisen. Allein statt dieser räth er, lieber dünnes Glas zu nehmen, und die Kreise mit der Spitze eines Diamants darauf zu zeichnen. Da aber bey der gewöhnlichen Art sich gewisse Schwierigkeiten einfinden, so giebt er eine andere Art an, wodurch diese wegfallen. Es besteht nämlich diese wieder aus sechs concentrischen auf Glas gezeichneten Kreisen, oder auch aus parallelen geraden Linien. Das Fernrohr erhält zwey Objektivgläser, etwa von gleichen Brennweiten, welche nahe hinter einander gestellt werden. Auf diese Weise fällt das Bild des Objektes näher an das gedoppelte Glas, als es an eins derselben allein fallen würde, und rückt weiter ab, je weiter die Gläser von einander gestellt werden. Den äußersten der sechs concentrischen Kreise nimmt er noch ein wenig größer, als es für den größten scheinbaren Durchmesser des Mondes gehört; durch die Stellung der

p) Astronomische Abhandlungen. Sammlung 2. S. 319. f.

q) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1701.

der Gläser aber kann man es beständig dahin bringen, daß dieser Kreis das Sonnen- oder Mondsbild genau fasse. Endlich bemerkt er noch, daß er, nachdem er schon diese seine Erfindung beschrieben, gefunden habe, daß Römer eine ähnliche Methode angegeben, nur daß dieser seidene Fäden gebrauche, welche aber wegen verschiedener von ihm angeführten Gründe nicht so gut wären, als die auf Glas sauber eingerissenen Linien.

Eine andere Einrichtung des Mikrometers hat de Louville[r]) beschrieben. Sie besteht aus zwey unbeweglichen auf einander senkrechten und Einem beweglichen seidenen Faden, und dient die Höhen der Sterne genau zu messen.

Auch bey Mikroskopen lassen sich dergleichen Vorrichtungen anbringen. Da aber hier nahe Gegenstände betrachtet werden, so braucht man nicht, wie bey der Beobachtung am Himmel, auf die Größe des Sehewinkels allein zu sehen. Man kann sogleich auf die wirkliche Größe des Gegenstandes schließen. Leuwenhoek pflegte, um die Größe kleiner Gegenstände zu schätzen, sie mit Sandkörnern zu vergleichen, deren 100 an einander gelegt einen Zoll ausmachten. Die Körner legte er bey einen Gegenstand, um sie mit diesem zu gleicher Zeit zu betrachten.

D. Hooke pflegte mit dem einen Auge durchs Vergrößerungsglas Gegenstände zu betrachten, indem er zu gleicher Zeit mit dem andern Auge gleich weit entfernte Sachen von bekannter Größe betrachtete. Dadurch war er zwar im Stande, die Vergrößerung des

r) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1714.

des Gegenstandes zu erfahren, nicht aber die Größe selbst.

Außerdem hatte D. Hooke eine eigene Vorrichtung erdacht, wie man in die Sonne ohne Beschädigung der Augen sehen könne. Es sollen nämlich die Strahlen von einem Planspiegel zum andern so lange reflektirt werden, bis sie dadurch eine solche Schwäche erhalten haben, daß sie den Augen völlig unschädlich sind [s]). Noch erfand er eine tragbare Camera obscura, um Sachen in Lebensgröße abzuzeichnen [t]).

Auch erfand D. Hooke [u]) für Kurzsichtige ein Werkzeug, welches aus zwey Convergläsern bestand, dessen Beschreibung er der königlichen Societät im Jahre 1679 überreichte. Zugleich fügt er darin die Bemerkung bey, daß durch die beständige Gewohnheit, die Gegenstände verkehrt zu sehen, wie man sie durch dieses Werkzeug sieht, diese Stellung so natürlich, wie die aufrechte, würde; und glaubt, daß ein Mensch, welcher von Kindheit auf die Sachen umgekehrt zu sehen gewohnt wäre, und sie nachher ohne die Gläser betrachtete, sie für umgekehrt halten würde, wie es ihre Bilder auf der Netzhaut sind.

Um das Jahr 1687. brachte der Herr von Tschirnhausen [x]) einen Brennspiegel zu Stande, welcher alle die vor ihm bekannten an Wirkung übertraf. Er war nicht aus einer Mischung geschmolzener Metalle, welche man bisher gewöhnlich zu großen Brenn-

s) *Birch's* history. Vol. III. p. 179.

t) Ibid. p. 436.

u) Ibid. p. 500. Vol. IV. p. 157.

x) Acta erud. Lips. 1687. p. 52. sq.

Brennspiegeln gebraucht hatte, gemacht, sondern er bestand aus einer Kupferplatte, welche etwa doppelt so dick war, als die Dicke eines gewöhnlichen Messerrückens beträgt, und besaß daher in Vergleichung mit seiner Größe eine große Leichtigkeit. Er hatte drey leipziger Ellen im Durchmesser, und zwey Ellen Brennweite. Gegenwärtig befindet er sich in dem churfürstlichen mathematischen Salon zu Dresden. Seine Wirkung ist erstaunend groß. Er zündete Holz mit einer Flamme, die ein starker Wind nicht auszulöschen vermochte, kochte und verdunstete Wasser in einem irdenen Gefäß, schmolz 3 Zoll dickes Zinn und Bley in 2 bis 3 Minuten, durchlöcherte eiserne und kupferne Bleche, auch einen harten sächsischen Thaler in 5 bis 6 Minuten, verglasete Scherben, Ziegeln, Knochen und Erden. Mit diesem nämlichen Spiegel verdichtete von Tschirnhausen das Mondenlicht, fand aber dabey keine merkliche Verstärkung der Wärme.

Wegen der Unbequemlichkeit bey dem Gebrauche solcher Spiegel bemühete sich der Herr von Tschirnhausen[y]) große Brenngläser zu verfertigen. Zu dem Ende legte er mit großem Kostenaufwande eine Glasschleifmaschine in der Oberlausitz an. Er brachte auch wirklich verschiedene große Brenngläser zu Stande, welche noch bis jetzt die größten sind, die von massivem Glase geschliffen worden sind. Man sagt, daß ihm überhaupt nur vier von diesen großen Gläsern beym Schleifen und Poliren ganz geblieben wären. Zwey davon befinden sich in Paris, das eine von 33 Zoll Durchmesser und 7 Fuß Brennweite dem Grafen de la Tour d'Auvergne, das andere von 33 Zoll

y) Acta erud. Lipf. 1691. p. 517. sqq. 1697. p. 414. sqq.

Zoll Durchmesser und 12 Fuß Brennweite der Akademie der Wissenschaften zuständig. Letzteres wiegt 160 Pfund. Um die Wirkung dieser Brenngläser noch mehr zu verstärken, wurden überdem die Strahlen durch ein kleines Linsenglas verdichtet. Das härteste Holz, auch wenn es mit Wasser angefeuchtet worden, ward in einem Augenblicke angezündet; Wasser in kleinen Gefäßen siedete sogleich; Metalle schmolzen, wenn sie ihre gehörige Dicke hatten, so bald sie genugsam erhitzt wurden; dünnes eisernes Blech ward bald glühend und in kurzer Zeit durchlöchert; Ziegel, Porzellan, Schieferstein, Bimstein, selbst Asbest, ward bald glühend und zuletzt gar in Glas verwandelt. Unter dem Wasser schmolzen Schwefel und andere dergleichen Materien; Kiefern-Holz wurde unter dem Wasser zu Kohle gebrannt, welches man am deutlichsten gewahr wurde, wenn man das Holz zerschnitt. Alles schmolz viel geschwinder und verwandelte sich viel leichter in Glas, wenn es in eine ausgehölte Kohle gelegt ward; gemeine Asche aus Oefen, oder auch die von Papier, Leinwand, Heu u. d. gl. schmolz auf einer Kohle gleich zu Glas; ward kaltes Glas in den Brennraum gebracht, so zersprang es in Stükke; ward es aber erst nach und nach erwärmt, so schmolz es im Brennraume; schwarze Körper wurden in dem Sonnenfeuer weit eher verändert, als andere, am aller wenigsten aber die weißen, z. B. Kreide, Kalk u. s. f.; auf einer porzellanenen Platte verwandelten sich alle Metalle in Glas, und das Gold bekam dabey eine schöne Purpurfarbe; der Salpeter lösete sich in Dämpfe auf. Alle Körper, welche in den Brennraum gebracht wurden, veränderten ihre Farbe, die Metalle ausgenommen. Einige Körper, wenn sie in Fluß kamen, wurden durchsichtig und

 weiß;

weiß; andere hingegen, welche im Flusse undurchsichtig waren, wurden nach dem Erkalten durchsichtig. Uebrigens ließ sich eine beträchtliche Menge einer Materie, z. B. Gold, Silber u. d. gl. in dem Brennpunkte schmelzen, wenn anfänglich wenig hineingebracht, nach und nach mehr hinzugethan ward. Auch ließen sich die Lichtstrahlen des Mondes durch die Gläser concentriren, sie gaben aber nur stärkeres Licht und keine Wärme.

Noch mehrere dergleichen Versuche, besonders mit Metallen, wurden zu Anfange des 18ten Jahrhunderts mit dem Tschirnhausischen Brennglase von Hombergen [z]) und Geoffroy'n [a]) angestellt.

Nach dem Herrn von Tschirnhausen suchte auch Hartsöker [b]) große Brenngläser aus massivem Glase zu schleifen. Er führt an, daß er ein Brennglas zu Stande gebracht habe, welches 3 Fuß 5 Zoll breit war, und von beyden Seiten in einer kupfernen Schaale geschliffen worden, welche im Durchmesser 18 Fuß hatte. Er habe das Glas auch in der Schaale mit Tripel wie andere Gläser polirt, und das schönste und reinste Glas dazu genommen. Das Collektivglas, das er damit verband, war ebenfalls auf beyden Seiten erhaben, und in einer Schaale geschliffen und polirt, welche im Durchmesser 4 Fuß hatte.

Nach der Zeit hat man auch versucht, Brennspiegel aus andern Materien, als Metall und Glas, nämlich von Holz, Stroh und Pappe zu verfertigen. So

z) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1702.
a) Ibid. an. 1709.
b) Recueil de plusieurs pièces de physique. p. 137.

So hat ein geschickter Künstler zu Dresden, Nahmens Gärtner, Brennspiegel aus Holz bearbeitet, welche den Tschirnhausischen an Wirkung gleich gekommen seyn sollen [c]). Wie Gärtner diesen Spiegeln eine polirte Fläche gegeben habe, ist nicht bekannt. Sonst werden aber gewöhnlich hölzerne und pappene Spiegel mit einem Kreidengrunde überzogen, und stark vergoldet, daß sie einen hellen Glanz bekommen. Auch hat ein gewisser Ingenieur, Nahmens Neumann, nach der Erzählung Zahns [d]), Brennspiegel von Pappe mit Stroh belegt, und Metalle damit geschmolzen.

Licht der leuchtenden Körper.

Nach Kirchern haben sich mehrere Naturforscher mit Untersuchungen des Bononischen Leuchtsteins beschäftigt. Der Graf Marsigli, Stifter des Bononischen Instituts, ließ eine eigene kleine Schrift darüber drucken, die in Leipzig 1698 herauskam [e]), und besuchte, um seine Bemerkungen zu bestätigen, und sich von gewissen besonderen Umständen zu versichern, im September 1711 in Gesellschaft des Laurentius Galeati und Beccari, den Berg bey Palermo. Diese untersuchten dieß Mineral chemisch, und glaubten darin etwas Schwefel und ein alkalisches Salz gefunden zu haben [f]). Hierauf untersuchten sie die verschiedenen Eigenschaften desselben, besonders der bisher noch streitig gewesenen.

Mar-

c) Wolf nützliche Versuche. Th. II. S. 408.

d) Oculus artificialis. fund. 3. syntag. 3. cap. 10.

e) Acta erudit. Lipſ. 1698. p. 148.

f) Comment. instit. Bonon. Vol. VI. p. 186.

Marsigli und auch Lemery g) hatten behauptet, daß dieß Mineral das gerade auffallende Licht nicht so stark, wie das durch Zurückwerfung auf selbiges geleitete einsauge; allein die in der Folge damit angestellten Versuche zeigten ihnen das Gegentheil, und der Graf nahm seine Meynung öffentlich zurück h). Sie fanden, daß dieser Stein sowol vom Sonnenlichte als von Kerzen leuchtend ward, nicht aber vom Mondenlichte oder vom Lichte eines andern Phosphors. Bey einigen der besten Stücke war es schon hinlänglich, sie 1 bis 2 Sekunden dem Lichte auszusetzen, um 4 Minuten lang zu leuchten; einige leuchteten auch über 30 Minuten lang i). Der geringste Grad vom Licht, welcher die Steine zum Leuchten bringen konnte, war der, bey welchem sich noch die kleinste Schrift lesen ließ. Der erleuchtete Phosphor schien überhaupt roth, war aber das Licht schwach, als wenn man es durch einige Blätter weißes Papier hatte gehen lassen, so hatte er einen blaßrothen Glanz. Uebrigens wurden die Stücke desto besser, je öfter man sie gebraucht hatte.

Der Bononische Leuchtstein blieb fast ein halbes Jahrhundert hindurch der einzige bekannte Lichtsauger, bis kurz vor dem Jahre 1675 ein Amtmann zu Großenhayn in Sachsen, Christoph Adolph Balduin k) ebenfalls zufälliger Weise entdeckte, als er nämlich den Stein der Weisen suchte, daß der Rückstand der Destillation einer Kreideauflösung in Scheidewas-

g) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris, an. 1730.

h) Comment. Bonon. Vol. VI. p. 188.

i) Ibid. p. 190. 191.

k) *Balduini* aurum superius et inferius aurae superioris et inferioris hermeticum et phosphorus hermeticus s. magnes luminaris. Francof. et Lips. 1675. 12.

dewasser das Licht einsauge, und im Dunkeln leuchte. Dieser Balduinsche Phosphor, welcher das aus der Kalkerde und Salpetersäure entstandene Mittelsalz oder der Kalksalpeter ist, leuchtet aber nicht so helle und nicht so lange, als der bononische Stein, verliert auch an der Luft seine Kraft zu leuchten bald; daher er sich am besten in hermetisch verschlossenen Gefäßen aufbewahren läßt.

Eine ähnliche Eigenschaft entdeckte späterhin Homberg [l]) an der Verbindung der Kalkerde mit der Salzsäure oder dem fixen Salmiak, welcher daher der Hombergsche Phosphor genannt wird.

Außer diesen Lichtsaugern ward auch in der Nachbarschaft um Bern an einem kalkartigen Körper, der fast die Gestalt des Isländischen Krystalls hatte, die nämliche Eigenschaft entdeckt. Der Herr Bourguet schickte an die Akademie zu Paris eine Probe davon nebst einer Abhandlung darüber. Die Akademie trug dem Herrn du Fay die Untersuchung dieses Minerals auf. Er glaubte in diesem Körper etwas Schwefel gefunden zu haben. Bey dieser Gelegenheit beobachtete auch du Fay schon, daß einige Edelgesteine, als der Amethyst, der occidentalische Jaspis, der Hyacinth und einige Rubine dieselbe Eigenschaft, wie das Berner Mineral, besaßen [m]).

Von diesen beschriebenen Lichtsaugern ist ein chemisches Produkt, welches fast ausschließend den Nahmen Phosphor erhalten hat, indem selbiger jederzeit

l) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1692. 1710. 1712.

m) Histoire de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1724.

zeit verstanden wird, wenn von dem Phosphor schlechthin die Rede ist, verschieden. Es ist dieß nämlich der so genannte Harnphosphor, Urinphosphor, kunkelscher oder englischer Phosphor. Dieser Phosphor ist in den neuesten Zeiten ein vorzüglicher Gegenstand der Aufmerksamkeit geworden. Ein gewisser verunglückter Kaufmann zu Hamburg, Namens Brandt, entdeckte ihn zufälliger Weise, indem er sich nämlich einfallen ließ, aus dem Urin Gold zu machen; er machte diese seine Erfindung im Jahre 1669, nach Leibnitz [n]) um 1677, bekannt. Der berühmte Kunkel, der dieß erfuhr, gab sich vergeblich Mühe, die Verfertigung des Phosphors von Brandten zu erfahren. Brandt entdeckte sein Geheimniß einem D. Kraft in Dresden, welcher sich für 200 Rthlr. durch Ueberredung verbindlich gemacht haben soll, Kunkeln nichts davon zu entdekken. Kraft gieng mit dem Phosphor an vielen Orten umher, und ließ ihn sehen. Da Kunkel aber wußte, daß Brandt den Phosphor aus Urin gemacht hatte, so fieng er diesen mit so vieler Anstrengung zu bearbeiten an, daß es ihm endlich glückte, den Phosphor zu erhalten, und er erfand ihn daher zum zweytenmale [o]). Leibnitz hat zwar die Erfindung Kunkeln streitig machen wollen; allein die ganze Geschichte mit Stahls Zeugniß verglichen läßt an Kunkels Erfindung keinen Zweifel mehr zurück. Einige schreiben auch die Ehre dieser Erfindung dem Boyle zu; allein Stahl versichert nach

Krafts

n) Historia invent. phosphori in den Miscell. Berolinens. T. I p. 91.

o) Laboratorium chemicum. Hamb. 1716. 8. p. 660. imgl. *Stahl* exper. CCC. n. 301. p. 393.

Krafts eigener Aussage, daß letzterer Boyle'n die Brandtische Verfahrungsart bekannt gemacht habe. Boyle theilte den Prozeß einem Deutschen, Nahmens Gottfried Hanknitz mit, welcher den Phosphor in London darnach verfertigte, und in- und außerhalb Landes verkaufen ließ p).

Kunkel formte den Phosphor in Gestalt von Kügelchen einer Erbse groß, welche, nachdem sie etwas befeuchtet, oder im Dunkeln geschabet wurden, ein helles Licht, jedoch nicht ohne Dampf, von sich gaben. Das Licht erschien angenehmer, wenn etwa 8 bis 10 Kügelchen in ein Glas mit Wasser gethan wurden; schüttelte man sie alsdann ein wenig, so schien das ganze Glas voll Licht. Auch gab Kunkel seinem Phosphor die Form von etwas großen Steinen, womit man, wenn sie in der Hand erwärmt waren, Buchstaben auf Papier mahlen konnte, die alsdann im Dunkeln ganz leserlich waren.

D. Slare hat mit dem Phosphor mehrere Versuche angestellt, von welchen einige hier angeführt zu werden verdienen. Er bemerkt, daß der flüssige Phosphor d. i. der solide in einem wesentlichen Oele aufgelößt, die Haut an Menschen nicht verletze, wie der solide, und daß die Hand, oder das Gesicht, welches man damit wäscht, nicht allein im Dunkeln leuchte, sondern auch nahe Gegenstände erleuchte.

Der solide Phosphor, sagt er, verliert seine Eigenschaft zu leuchten, wenn er ganz unter Wasser gebracht

p) The aëreal noctiluca. Lond. 1680. 8. und Philos. Trans. n. 135. 196. 428. noctiluca aëria s. nova quaedam phaenomena in substantiae factitiae s. artificialis sponte lucidae productione observata. Genev. 1693. 4.

bracht ist; kommt aber nur ein Theil desselben aus dem Wasser hervor, oder berührt er die Luft, so leuchtet er selbst in einem hermetisch verschlossenen Glase. Er hatte in einem weiten Gefäße ohne Wasser Phosphor aufbewahrt, und gefunden, daß dieser sein Licht ohne sonderlichen Verlust am Glanze und am Gewicht behielt. Einige Stücke von dem soliden Phosphor hatten einen viel lebhaftern Glanz als andere, so daß sie brennbare Materien sehr leicht entzündeten. Wenn er Buchstaben mit weniger entzündlichem Phosphor geschrieben am Feuer erwärmte, so wurden sie sogleich schwarz, und blieben beständig so, als wenn sie mit schwarzer Dinte geschrieben worden wären. Das Licht des Phosphors fand er überaus wenig zerstreuend; denn er als mit einem Stückchen über 100 Züge gemacht hatte, beobachtete er, daß noch nicht der 20te Theil verlohren gegangen war. Um sich von der geringen Zerstreuung des Lichts noch mehr zu versichern, wog er genau Einen Gran Phosphor ab, und ließ ihn in der freyen Luft fortbrennen, hier fand er, daß dieser geringe Theil auf 7 bis 8 Tage leuchtete, wenn er die Laden seiner Fenster verschlossen hielt [q]).

Hierauf brachte er einen Theil Phosphor in eine sehr kleine gläserne Phiole, versiegelte diese hermetisch, näherte sie hiernächst der Hitze einer Feuerflamme, und fand, daß sich der Phosphor im Augenblick entzündete, und den ganzen innern Raum der Phiole erleuchtete; jedoch schien er in kurzer Zeit zu verlöschen ohne Beschädigung des Glases. Da man die Luft allgemein als ein Nahrungsmittel des Feuers betrach-

q) Philos. Trans. 1681. n. 4. p. 48. Acta erud. Lips. 1682. p. 282. sq.

betrachtete, so wollte er auch die Richtigkeit dieser Meynung mit dem Phosphor prüfen, und brachte ein großes Stück unter einem Recipienten, fand aber, daß er desto stärker leuchtete, je dünner die Luft unter dem Recipienten wurde, und wieder in den vorigen Zustand zurückkam, als die Luft wieder hineingelassen war. Als er den Phosphor mit einem Blasebalge in Flammen zu setzen versuchte, verlöschte das Licht desselben sogleich, und fand sich nicht eher, als nach einer ziemlich langen Zeit, wieder. Alle Liquoren löschten das Licht des Phosphors aus, wenn er in selbige eingetaucht ward; ja er leuchtete und brannte selbst in den entzündlichsten Liquoren, als Olivenöl, Terpentinöl und Weingeist, wenn man ihn darin kochen ließ, nicht [r]).

Damit sich der Phosphor nicht verzehren möchte, pflegte D. Slare denselben unter Wasser zu bringen. Als er einst eine Menge solcher gläserner Gefäße mit Phosphor auf dem Tische stehen hatte, so sahe er, als er sich schon zur Ruhe begeben hatte, bisweilen aus dem Wasser solche helle lebhafte Strahlen schießen, daß derjenige, welcher dergleichen Erscheinungen nicht gewohnt ist, in ein nicht geringes Schrecken versetzt worden wäre. Dieß feurige Phänomen ist von schmaler Gestalt, so lange es unter dem Wasser bleibt, breitet sich aber aus, sobald es in die Luft herausfährt. Soll dieser Versuch gut von statten gehen, so, sagt er, müsse das Glas tief und cylindrisch, und nicht über $\frac{3}{4}$ mit Wasser angefüllt seyn. Diese Erscheinung beobachtete er aber nur bey warmer, nie bey kalter Witterung.

Hier-

r) Philos. Transact. 1682. n. 4. p. 48. Acta erud. Lips. 1682. p. 285. sq.

Hiernächst stellte er eine Vergleichung mit dem Lichte des Phosphors und dem Blitze an, und glaubte bey beyden einerley Eigenschaften zu finden [s]).

Mit dem Lichte des Phosphors hat das Licht einiger Thiere sehr viel Aehnlichkeit. Eine merkwürdige Art von Muscheln, Pholaden genannt, welche sich selbst Höhlen in allerley Arten von Gestein u. s. f. machen, leuchtet des Nachts mit einem phosphorischen Scheine. Man findet sie mit ihren Zellen in den Memoires de Paris des Jahrs 1712 auf der 7ten Tafel abgebildet. Schon Plinius, der sie dactylos nennt, bemerkt, daß diese Thiere leuchten, und führt dabey an, daß sie im Munde desjenigen, der sie ißt, leuchten, und dessen Hände und Kleider durch ihre Feuchtigkeit glänzend machen. Reaumür [t]), welcher sie Dails nennt, hat die Umstände bey dem Leuchten dieser Thiere sorgfältiger untersucht. Er bemerkt, daß sie zu leuchten aufhören, wenn sie in Fäulniß übergehen, oder wenn sie getrocknet sind, können aber durch Benetzung mit süßem oder salzigem Wasser wieder leuchtend gemacht werden; der Weingeist aber benimmt ihnen das Leuchten sogleich. Er versuchte auch, das Leuchten dieser Thiere immerwährend zu machen; allein er konnte es auf keine Weise dahin bringen.

Bey dieser Gelegenheit führt auch Reaumür einiges von dem Leuchten der leuchtenden Johanniswürmer oder Johanniskäfer an. Er sagt, die Zeit, da diese Thiere sich begatten, ist diejenige, da eine besondere

s) Philos. Transact. 1683. n. 150. acta erud. Lips. 1684. p. 457. sq.

t) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1723.

dere Gährung vorgeht. Wahrscheinlich rührt das Licht der Johanniswürmer davon her. Sie leuchten in diesen Landen bloß in der heißen Jahrszeit, und alle, welche hier zu Lande leuchten, sind Weibchen. Diese sind wie bekannt unbeflügelt; die Männchen aber haben Flügel. Diese fliegen des Nachts, und der Glanz, welchen die Weibchen von sich geben, zeigt ihnen die Stelle, wo sie hin fliegen sollen. Anfänglich, sagt er, habe er das Männchen nur aus Büchern gekannt, bis ihn ein Weibchen das Männchen in der Natur kennen zu lernen verholfen habe. Denn als er jenes im Dunkeln auf der Hand gehalten, und die Lebhaftigkeit des Lichts beobachtet habe, habe sich ein anderes Insekt auf seine Hand gesetzt, welches sich sogleich mit dem Weibchen begattete, und auf solche Art hätte er nachher öfters die Männchen mit Hülfe der Weibchen gefangen. Zu manchen Zeiten leuchten die Weibchen wenig oder gar nicht, vielleicht alsdann, wenn der Trieb zur Begattung mangelt.

Ueber das Leuchten des Meerwassers hat der Pater Bourzes [u]) auf einer Reise nach Indien im Jahre 1704 viele Beobachtungen mit besonderer Aufmerksamkeit angestellt. Das Licht war bisweilen so stark, daß er den Titel eines Buchs lesen konnte, wenn er gleich 9 bis 10 Fuß über der Oberfläche der See erhaben war. Bisweilen konnte er auf der Spur des Schiffes die leuchtenden und nicht leuchtenden Theile des Wassers erkennen. Die erstern waren in ihrer Gestalt sehr verschieden, einige sahen wie leuchtende Punkte aus, oder wie Sterne, so wie sie dem bloßen Auge erscheinen; andere wie Kugeln von 1 bis 2 Linien im Durchmesser, auch in der Größe eines Menschen-

u) Lettres édifiantes. T. IX. Paris 1730.

schenkopfs, bisweilen sahen sie wie Rechtecke aus, 3 bis 4 Linien lang, und 1 bis 2 Linien breit. Manchmal waren alle diese Gestalten zugleich auf einmal zu sehen, und bisweilen zeigten sich, wie er sie nennt, Lichtwirbel, welche zu einer gewissen Zeit plötzlich, wie Blitze, erschienen, und wieder verschwanden.

Allein nicht bloß die Spur des Schiffes im Wasser war es, welche auf diese Weise leuchtete, sondern auch die Fische bezeichneten ihren Weg durch einen so hellen Strich, daß man sie der Größe und der Gattung nach erkennen konnte. Wenn er Seewasser ausschöpfte, und es mit der Hand nur ein ganz wenig umrührte, so sahe er jederzeit eine unzählige Menge Lichttheilchen. Eben diese nahm er auch an Stücken Leinwand wahr, die er in die See getaucht hatte, wenn er sie im Dunkeln ausrang, auch selbst alsdann noch, wenn sie schon halb trocken waren. Die Funken, welche auf einen harten Körper fielen, behielten einige Stunden lang ihren Glanz.

Den vornehmsten Grund des Leuchtens des Seewassers sucht Bourzes hauptsächlich in der Beschaffenheit des Wassers, weil er meint, zuverlässig beobachtet zu haben, daß es desto stärker leuchte, je fettiger und schäumiger es sey. Denn auf der offenen See, sagt er, ist das Wasser nicht allenthalben gleich rein, und Leinwand, welche man darin taucht, ist bisweilen schmierig, wenn man sie wieder herauszieht; auch bemerkt er, daß das Seewasser zu der Zeit, wenn die Spur des Schiffs am hellsten glänzte, am fettigsten und schmierigsten war, und daß Leinwand, welche damit befeuchtet wurde, lebhaft glänzte, wenn man sie stark schüttelte. Ferner nahm er an einigen Stellen der See eine Materie, wie Sägespäne, wahr, die bis-

bisweilen eine rothe, bisweilen eine gelbe Farbe hal-te, und hier fand er das Wasser, welches er schöpf-te, allemal schmierig und klebricht. Die Seeleute er-zählten ihm, daß dieß Wallrath wäre, welches man nach Norden hin in großer Menge anträfe, wo die See weit und breit hell leuchtete, ohne daß sie von einem Schiffe oder Fische in Bewegung gesetzt würde.

Zur Bestätigung seiner Meynung, daß das See-wasser desto stärker leuchte, je klebrichter es ist, führt er an, daß sie einmal einen Fisch, Boneta genannt, gefangen hätten, dessen Maul inwendig so helle gewe-sen, daß er bloß durch dessen Licht die nämliche Schrift habe lesen können, die er zuvor bey dem Scheine der Schiffsspur gelesen habe, und daß das Maul dieses Fisches voll von einer klebrichten Materie gewesen, welche sogleich ein Stück Holz, auf welches sie ge-schmiert worden, leuchtend gemacht hätte, wiewol dieser Glanz alsdann, da diese Materie trocken gewor-den, verschwunden sey.

Was endlich die Irrlichter betrifft, so nennt sie Newton *) leuchtende Dünste ohne Wärme, und glaubt, daß zwischen diesen Dünsten und einer Flam-me der nämliche Unterschied ist, als zwischen dem Lich-te des faulen Holzes und einer glühenden Kohle.

Eigenschaften des Isländischen Krystalls oder des Doppel-spaths.

Ueber die merkwürdige Eigenschaft des Isländi-schen Krystalls, da nämlich durch selbigen alle Gegen-stände dem Auge doppelt erscheinen, sind in diesem Zeitraume gar keine Versuche von Erheblichkeit ange-stellt

*) Optice. Lauf. et Genev. 1740. 4. lib. III. quaest. X.

stellt worden. Newton redet nur kurz davon in ein Paar seiner Optik beygefügten Fragen [y]). Das Gesetz der ungewöhnlichen Brechung giebt er folgender Maaßen an. Es sey (fig. 30.) adbc die brechende Fläche des Krystalls, c der größte körperliche Winkel an dieser Fläche, gehf die gegen über liegende Fläche, und ck eine senkrechte Linie auf diese, welche mit der Ecke cf einen Winkel von 19° 3′ macht. Man ziehe kf, und nehme kl so groß, daß der Winkel kcl = 6° 40′ und lcf = 12° 13′ werde. Ist nun ſt ein Lichtstrahl, der unter einem beliebigen Winkel bey t auffällt, so sey tv der regelmäßig nach dem Brechungsverhältnisse 5:3 gebrochene Strahl. Man ziehe vx parallel und gleich mit kl, so wird tx der ungewöhnlich gebrochene Strahl. Von dieser Regel giebt aber Newton weiter keinen Beweis.

Vermöge der von Huygens angestellten Beobachtungen über die Brechung des Lichts durch mehrere Stücke vom Krystall (Th. II. S. 124 f.) kam Newton auf die Muthmaßung, daß die verschiedenen Seiten des Lichts verschiedene Eigenschaften besitzen. Denn, sagt er, wäre der Unterschied der Strahlen in Absicht auf die gewöhnliche und ungewöhnliche Brechung nicht eigenthümlich, und erhalte es diese Modifikationen bey der ersten Brechung, so müßten die nachfolgenden Brechungen andere neue Modifikationen hervorbringen. Bey dem Huygensschen Versuche findet das aber nicht statt, da ein Strahl immer nach der gewöhnlichen, ein anderer nach der ungewöhnlichen gebrochen wird, und überhaupt diese Brechungen nach dem Versuche umwechseln können. Er fragt daher:

y) Optice, Lauf. et Genev. 1740. 4. lib. III. quaest. XXV. XXVI.

her: haben nicht die Lichtstrahlen verschiedene Seiten, die mit unterschiedenen Eigenschaften versehen sind? Jeder Strahl habe gleichsam vier Seiten, wovon zwey einander entgegengesetzte Seiten machen, daß der Strahl nach der ungewöhnlichen Art gebrochen wird, sobald eine derselben nach der Gegend der ungewöhnlichen Brechung in dem Krystalle gekehrt ist; die beyden andern aber, wenn eine derselben nach dieser Gegend gewandt ist, doch nicht verursachen, daß der Strahl anders als auf die gewöhnliche Art gebrochen wird. Da nun diese Beschaffenheiten in den Strahlen schon vorhanden waren, ehe sie auf die zweyte, dritte und vierte Fläche der Krystalle fielen, und durch die Brechung an diesen Flächen, so viel man wahrnehmen können, keine Veränderung erlitten hätten; da auch die Strahlen an allen diesen vier Flächen nach einerley Gesetzen gebrochen würden: so scheinen diese Beschaffenheiten den Strahlen ursprünglich eigen gewesen zu seyn.

Höfe und Nebensonnen.

Die Höfe, welche sich besonders um die Sonne und den Mond zeigen, sind in ihren Erscheinungen sehr verschieden. Wenn sich dabey Farben zeigen, so sind sie gewöhnlich viel schwächer und blässer, als an den Regenbogen. So beobachtete Gottfried Schulze [z]) im Jahr 1675 im Monat Juny um die Sonne einen Hof, dessen Durchmesser $43^{\circ} 20'$ betrug, und der Ring ohngefähr 1 Grad breit war. Dieser Ring, welcher schwache Regenbogenfarben zeigte, war gegen Mit-

z) Miscellanea curiosa medico-physica. decur. I. an. VI. VII. p. 352.

Mittag und Mitternacht viel dichter, als gegen Morgen und Abend hin, und verlohr sich daselbst in sehr dünnen neblichten Wolken, so daß er auf diesen beyden Seiten unterbrochen zu seyn schien. Im Jahre 1683. ward ein Hof in Frankreich beobachtet, welcher in der Mitte weiß war, mit einer rothen Einfassung, worauf ein blauer, alsdann ein grüner und zuletzt ein hellrother Kreis folgte. Auch Newton beobachtete im Jahr 1692. einige Höfe, welche mancherley Farben zeigten, und wovon bald mit mehreren geredet werden soll.

Die Entstehung der Höfe leitet Mariotte [a]) von einer zweymaligen Brechung des Lichts in den wässerichten Dünsten, aus welchen sich die Wolken bilden, ohne eine dazwischen vorfallende Reflexion her. Er zeigt nämlich durch eine Zeichnung und Berechnung, daß diejenigen Strahlen, welche auf solche Art durch die kleinen Tröpfchen ins Auge kommen, hauptsächlich die fast senkrecht auffallenden seyn werden, weil von diesen nicht allein mehrere auf eine Fläche fallen, und weniger reflektirt werden, sondern auch, weil sie sich nach der Brechung weniger zerstreuen. Daraus schließt er, daß das in den Tropfen gebrochene Licht nur bis auf eine gewisse Entfernung wahrgenommen werden könne, und daß der übrige Theil am Himmel gewöhnlich dunkel erscheine. Daher komme es auch, daß die kleinen Höfe um die Planeten ordentlicher Weise im Diameter nur 2 bis 3 Grade hätten. Die auf solche Art entstandenen Höfe werden auswärts roth, und inwendig blau erscheinen. Diejenigen Höfe, welche zwey Reihen von Farben zeigen, läßt er aus kleinen Stükken Schnee entstehen, welche, indem sie zu schmelzen anfan-

a) Traité des couleurs. Partie I. in d. Oeuvres. p. 268. sqq.

anfangen, Figuren bilden, die gegen die Enden zu eine irreguläre Convexität besitzen. Diese kleinen Stücken Schnee werden, sagt er, sich in gar verschiedene Gestalten auflösen, und alsdann würden die Farben eines Hofes sich mit einander vermischen, wie er es bisweilen um die Sonne wahrgenommen habe.

Um die größern Höfe, besonders die von 45° im Durchmesser, zu erklären, nimmt er gleichseitige Prismen von Eis an, welche eine eigene Lage gegen die Sonne haben sollen. Nach dieser Voraussetzung bemüht er sich, durch Zeichnung und Berechnung die Richtung zu bestimmen, nach welcher die Strahlen fortgehen. Auch meint er, daß in einigen Fällen die größern Höfe durch kleinen Hagel von pyramidalischer Gestalt entstehen könnten. So habe er an einem Tage drey solche Höfe hinter einander um die Sonne gesehen, und an demselben Tage sey auch dergleichen pyramidalischer Hagel herabgefallen. Ueberdem, sagt er, könne man noch annehmen, daß sich in der Luft andere kleine Körperchen, als Stückchen Salpeter, oder eine andere Art Salz in pyramidalischer oder prismatischer Gestalt befände, welche dergleichen große Höfe zu bilden im Stande wären. Auf eben diese Art erklärt Mariotte auch die Nebensonnen.

Newton hat sich um die Erklärung der Höfe weiter keine sonderliche Mühe gegeben, jedoch aber an den gelegentlichen Stellen seine Meynung darüber gesagt. Sie geht dahin, daß die größern und wenigern Abwechselungen unterworfenen Erscheinungen dieser Art nach den allgemeinen Gesetzen der Brechung entstehen; die kleinern und veränderlichen aber mit den Erscheinungen und Farben an den dünnern Blättchen einerley Ursache haben. Nachdem er seine Erklärung vom

Regenbogen angeführt hat, macht er noch folgende Bemerkungen über die Höfe und Nebensonnen [b]). Das Licht, sagt er, welches nach zwey Brechungen ohne Reflexion durch die Regentropfen geht, muß in einer Entfernung von etwa 26 Graden von der Sonne am stärksten seyn, und von da auf beyden Seiten nach der Sonne hin und von ihr abwärts allmählich schwächer werden. Das nämliche gilt auch vom Lichte, welches durch Hagelkörner geht. Wenn diese nur ein wenig platt gedruckt sind, wie dieß oft der Fall ist, so kann das durchgehende Licht in einer kleinern Entfernung als 26 Grade so stark werden, daß dadurch ein Hof um die Sonne oder um den Mond entsteht, welcher auch, wenn der Hagel die gehörige Gestalt besitzt, farbigt seyn kann, und alsdann muß er inwendig roth durch die am wenigsten brechbaren, auswärts blau durch die am meisten brechbaren Strahlen erscheinen; besonders, wenn die Hagelkörner inwendig undurchsichtige Kerne von Schnee besitzen, welche, wie Huygens gezeigt hat, das Licht innerhalb des Hofes auffangen, um die inwendige Seite deutlicher zu begrenzen, als es sonst geschehen würde. Denn dergleichen Hagelkörner, wenn sie gleich sphärisch sind, können dadurch, daß sie durch den Schneekern das Licht auffangen, den Hof inwendig roth, auswendig farbenlos, und innerhalb des rothen dunkler als auswärts machen, wie es mehrentheils wahrgenommen wird. Von denjenigen Strahlen nämlich, welche nahe an dem Kerne vorbeygehen, werden die rothen Strahlen am wenigsten gebrochen, und gelangen so durch den geradesten Weg ins Auge. Das Licht, welches nach zwey Brechungen und zwey oder drey Reflexionen aus den Regentropfen ins Auge kommt, ist

b) Opticе. lib. II. P. I. prop. IX. p. 127.

ist schwerlich stark genug, um Bogen zu bilden, welche empfunden werden könnten. Aber in den cylindrischen Eistheilchen, welche Huygens zur Erklärung der Nebensonnen gebraucht, könne es hiezu noch hinreichend seyn.

Außerdem befinden sich noch einige hieher gehörige Bemerkungen bey seinen Untersuchungen über die Farben dicker Gläser, welche er mit den an dünnen Blättchen erzeugten für einerley hält [c]). So wie das, sagt er, von der Hinterfläche eines mit Folie belegten Linsenglases reflektirte Licht Farbenringe darstellt, so muß es ähnliche Ringe beym Durchgange durch Regentropfen hervorbringen. Bey der ersten Reflexion innerhalb des Tropfens müssen, wie beym Linsenglase, einige farbige Strahlen durchgelassen, andere aber ins Auge zurückgeworfen werden. Wenn z. B. der Durchmesser eines Wassertropfens $\frac{1}{500}$ Zoll groß ist, so daß ein rother Strahl 250 Anwandlungen des leichtern Durchgehens innerhalb des Kügelchens hat, indem er nach der Richtung des Durchmessers durchgeht, und daß alle rothe Strahlen, welche in einer gewissen Entfernung von diesem mittleren sich befinden, 249 Anwandlungen innerhalb des Kügelchens haben, auch daß alle ähnliche Strahlen in einer noch etwas größern Entfernung 248 Anwandlungen bekommen u. s. w.: so werden diese concentrischen Kreise von Strahlen nach ihrem Durchgange auf einem weißen Papiere concentrische Farbenringe bilden, wofern das Licht stark genug bleibt, um empfunden werden zu können. Auf eben diese Art werden andere farbige Strahlen andere Farbenringe von andern Farben darstellen. Man gedenke sich

c) Optice. lib. II. P. IV. obs. XIII. p. 247. sqq.

sich nun an einem heitern Tage, daß die Sonne durch eine dünne Wolke solcher Wasser- oder Hagelkügelchen durchscheine, welche alle einerley Größe besitzen, so wird die Sonne durch diese Wolken mit dergleichen concentrischen Farbenringen umgeben scheinen, und der Durchmesser des ersten rothen Ringes wird $7\frac{1}{4}°$, der des zweyten $10\frac{1}{4}°$, und der des dritten $12° 33'$ betragen, und nachdem die Wasserkügelchen größer oder kleiner sind, werden die Ringe größer oder kleiner ausfallen.

Diese Theorie, fährt er fort, bestätigte sich durch folgende Erfahrung. Im Juny des Jahrs 1692 sahe er nämlich in einem Gefäße mit stillstehendem Wasser durch die Zurückwerfung des Lichts drey Höfe oder Farbenringe um die Sonne, wie drey kleine Regenbögen. Die Farben des ersten zunächst der Sonne waren innerhalb blau, nach außen roth, und in der Mitte zwischen dem blauen und rothen weiß. Die Farben des zweyten Ringes waren innerhalb purpur und blau, nach außen blaßroth, und in der Mitte grün. Der dritte Ring war innerhalb blaßblau, und von außen blaßroth. Die Ringe schlossen sich dicht an einander, so daß ihre Farben von der Sonne nach außen hin in folgender Ordnung gleich auf einander folgten; blau, weiß, roth; purpur, blau, grün, blaßgelb, roth; blaßblau und blaßroth. Der Durchmesser des zweyten Ringes von der Mitte des gelben und rothen auf der einen bis eben dahin auf der andern Seite der Sonne war etwa $9\frac{1}{3}$ Grad. Die Durchmesser der beyden andern Ringe hatte er nicht die Zeit zu messen; es schien aber der Durchmesser des ersten etwa 5 bis $6°$, und der des dritten Ringes $12°$ zu betragen. Ein Paar ähnliche Ringe beobachtete er im Jahre 1664 den

den 19ten Febr. des Abends um den Mond, wovon der innere im Durchmesser 3 Grad, und der andere $5\frac{1}{2}$ Grad hatte. Zunächst um den Mond war ein weißer Kreis, und diesen umgab der innere Ring, welcher innerhalb bläulicht grün, nach außen gelb und roth war; hierauf folgte der zweyte Ring, der innerhalb eine blaue und grüne, nach außen aber eine rothe Farbe hatte.

Zu eben der Zeit erschien auch ein Hof in einer Entfernung von etwa $22^{\circ}\ 35'$ vom Mittelpunkte des Mondes. Er war elliptisch, seine große Axe war senkrecht auf den Horizont und unterhalb des Mondes länger als darüber. Uebrigens bemerkt er, es sey ihm erzählt worden, daß man bisweilen drey und mehr concentrische Ringe, welche sich zunächst an den Mond an einander geschlossen, gesehen habe. Er sagt, je mehr die erwähnten Wasser- oder Eiskügelchen einander gleich wären, desto mehrere Farbenringe müßten erscheinen, und auch ihre Farben desto lebhafter seyn. Der Hof, welcher den Mond in einer Entfernung von $22\frac{1}{2}^{\circ}$ umgab, war von einer andern Gattung. Weil er die elliptische Form besaß, und mit seinem untern Ende vom Monde weiter abstand, als mit dem obern, so folgert Newton daher, daß derselbe durch die Brechung der Strahlen in einer Art von Hagel oder Schnee, welcher in der Luft horizontal geschichtet gewesen, entstanden sey. — Es scheint aber diese Gestalt des Hofes, wie Smith gezeigt hat, ein Gesichtsbetrug gewesen zu seyn.

Vermischte Bemerkungen und Entdeckungen.

In diesem Zeitraume sind noch einige Beobachtungen und Entdeckungen, welche sich auf die verschiedenen Eigenschaften des Lichts gründen, gemacht worden,

den, die in diesem Artikel in möglichster Kürze angeführt werden sollen.

Da die Lehre von den Vereinigungspunkten der Strahlen nach der Brechung in sphärischen Gläsern in vieler Rücksicht so wichtig ist, so läßt sich leicht vermuthen, daß bey dem großen Fleiße der Mathematiker auch daran gedacht wurde, eine allgemeine Formel für die Vereinigungsweiten aller Arten von Gläser aufzufinden. Barrow hatte zwar schon in seiner lection. optic. XIV. Formeln für sphärische Gläser zu finden gelehrt, allein sie waren nicht bequem ausgedruckt, und überdem hatte er für jeden Fall, als planconvexe, convexconvexe u. s. w., divergirende und convergirende Strahlen eine eigene Formel gegeben.

Huygens, welcher ein vortrefflicher Mathematiker war, hat in seiner Optik, die erst nach seinem Tode herauskam, noch keine Formel für die Brennweite oder für die Vereinigungsweite der parallel auffallenden Strahlen, sondern er schreibt für die verschiedenen Fälle, die er unter gewisse Gattungen bringt, ein Verfahren vor, nach welchem erst der Vereinigungspunkt nach der ersten Brechung, und dann nach der zweyten gefunden wird. Hierauf giebt er eine Regel, die Entfernung des Vereinigungspunktes von dem leuchtenden, oder auch demjenigen Punkte, nach welchem die Strahlen hinzielen, zu finden. Setzt man die Entfernung des leuchtenden Punktes von der Linse $= \delta$, dessen Fokuslänge $= f$, und die Entfernung des Vereinigungspunktes der in der Linse gebrochenen Strahlen von derselben $= x$, so ist diese seine Regel in der Formel $\delta + x = \frac{\delta\delta}{\delta - f}$ enthalten. Sein Beweis ist

erstau-

erstaunend weitläuftig durch eine Menge von Verhältnissen durchgeführt. Für die Abweichung wegen der Gestalt des Glases giebt er aber eine algebraische Formel, jedoch ohne Beweis. Es ist in der That zu verwundern, daß er keine Formel für die Fokuslänge gesucht hat, die doch viel leichter zu finden war. Nach Montucla soll diese schon Cavalerie gefunden haben.

Der erste, welcher eine ganz allgemeine Formel für die Vereinigungsweiten aller Arten von Gläsern bekannt gemacht hat, war Halley [d]), wie David Gregory in seinen optischen Elementen anführt.

Da der Physiker ohne Kenntnisse der wichtigsten dioptrischen Formeln bey Erklärungen mancher Erscheinungen des Lichts gar nicht fortkommen kann, so ist es nöthig, einige in diesem Zeitraume gefundene Formeln historisch anzuführen.

Setzt man das Brechungsverhältniß aus einer brechenden Materie in die andere $= \mu : \nu$, den Halbmesser der Vorderfläche eines auf beyden Seiten erhabenen Linsenglases $= r$, und den Halbmesser der Hinterfläche desselben $= \varrho$, so hat man $f = \frac{\mu r \varrho}{(\nu - \mu)(r + \varrho)}$.

Auch ist $x = \frac{\delta f}{\delta - f}$. Ist eine der Flächen des Linsenglases hohl, so wird ihr Halbmesser negativ, so wie es auch δ ist, wenn die auffallenden Strahlen nach einem Punkte hinter dem Glase hinzielen. Auch wenn einer der beyden Ausdrücke negativ ist, so werden die Weiten f und x eine der vorigen entgegengesetzte Lage andeuten.

Man

d) Philosoph. Transact. 1693.

Man nehme den Halbmesser des Objektes, welchen man als einen auf der Axe des Glases durch seinen Mittelpunkt senkrecht stehenden Kreis betrachten kann, $= y$, so hat man den Halbmesser des Bildes $= \frac{x}{\delta} \cdot y$. Betrachtet man dieß Bild wieder als ein Objekt für ein zweytes Glas, und fährt so immer fort, so läßt sich die Stelle und Größe des letzten Bildes sehr leicht bestimmen. Die Stelle des Auges hinter dem Glase kann man finden, wenn man den Weg des Hauptstrahls, welcher von dem äußersten Punkte des Objektes herkommt, in Betrachtung zieht, d. i. denjenigen, welcher durch die Mitte des ersten Glases geht; berechnet man hiernächst, wie sehr dieser Strahl gegen die Axe geneigt seyn dürfe, ohne auf einem Glase einen Bogen über 30 Grade aufs höchste abzuschneiden, so ergiebt sich daraus die Größe des Gesichtsfeldes. Wenn man ferner denjenigen Winkel berechnet, welchen der erwähnte Hauptstrahl mit der Axe in der Stelle des Auges macht, so erhält man den Winkel, unter welchem dem Auge das beobachtete Objekt erscheint, und aus der Vergleichung dieses Winkels mit demjenigen, unter welchem das Objekt vom bloßen Auge gesehen wird, wenn es entfernt ist, oder mit demjenigen, unter welchem es in einer gewissen Entfernung, als bey Mikroskopen etwa 8 Zoll, erscheint, ergiebt sich die Vergrößerung des Objektes durch das optische Werkzeug. Was endlich die Helligkeit betrift, so verhält sich diese bey sonst gleichen Umständen gerade wie die Oefnung des Objektivglases und verkehrt wie die Größe des letzten Bildes.

Wenn man in der Ausübung die Freyheit hätte, alle diejenigen Gesetze, welche für die Brechung des

Lichts in den Linsengläsern statt finden, ohne Unterschied zu gebrauchen, so würde man ein Fernrohr von geringer Länge so anordnen können, daß ein Objekt dadurch betrachtet ansehnlich vergrößert erscheinen müßte. Allein die Abweichungen des Lichts wegen der Farben und wegen der Gestalt der Gläser lassen sie nicht ohne beträchtliche Einschränkungen in Ausübung bringen. Huygens, der vorzüglich die Abweichung des Lichts wegen der Farben in Betrachtung zog, hat über die Fernröhre sehr viel gutes gesagt, und über die beste Anordnung der astronomischen Fernröhre eine Tabelle berechnet, welche sich bis jetzt erhalten hat, und wirklich noch die einzige ist.

Eine sehr schöne Entdeckung, welche in diesem Zeitraume der Herr von Tschirnhausen machte, betrifft die so genannten Brennlinien (lineae causticae). Es war eine allgemeine bekannte Sache, daß das Licht, welches von einer hohlen Fläche reflektirt wird, in einem Punkte, dem Brennpunkte, zusammen kommt. Allein dieser Punkt ist kein einfacher Punkt, sondern mehrentheils ein Raum, in welchem das reflektirte Licht am dichtesten beysammen ist. Es entstehen vielmehr eine Menge solcher Punkte, die als Spitzen von zusammenlaufenden Strahlenkegeln zu betrachten sind. Alle diese Spitzen liegen in einer krummen Linie, welche eben die Brennlinie heißt. Man kann sich von dem Daseyn der Brennlinie sehr leicht überzeugen. Wenn man nämlich einem cylindrischen inwendig stark polirten Gefäße ein Licht nähert, so werden sich auf dem Boden zwey helle krumme Linien zeigen, und zwar desto deutlicher, je schiefer man das Licht gegen das Gefäß hält. Derjenige Punkt in einem Brennspiegel, welchen man gewöhnlich den Brennpunkt

punkt nennt, ist der, wo diese beyden Zweige der Brennlinie zusammen kommen, weil sich um diese Stelle herum die Lichtstrahlen am häufigsten durchkreuzen.

Um dieß deutlicher darzustellen, setze man (fig. 31.) l einen leuchtenden Punkt, von welchem die Strahlen la, lb, lc, ld, le u.s. ausgehen, und von der krummen Linie ae nach dem Gesetze der Reflexion nach af, bg, ch, di, ek u. s. zurückgeworfen werden. Ferner sey fk noch eine andere krumme Linie, deren Tangenten die zurückgeworfenen Strahlen sind, so ist sie der erstern krummen Linie Brennlinie durch Reflexion. Man kann einen jeden Punkt dieser Brennlinie als den Vereinigungspunkt zweyer unendlich naher Strahlen betrachten. Die nämliche Beschaffenheit hat es auch mit den Brennlinien, welche durch Brechung des Lichts entstehen.

Der Herr von Tschirnhausen machte seine Entdeckung zuerst in den Schriften der Pariser Akademie im Jahre 1682 bekannt, wo er zugleich eine Abbildung der Brennlinie des Kreises durch das auffallende Sonnenlicht darstellte [e]). De la Hire fand einige neue Eigenschaften der Brennlinie, und bemerkte zugleich in Tschirnhausens Vortrage einen Fehler. Darüber geriethen beyde in einen Streit. Johann Bernoulli zeigte endlich den Fehler, den Tschirnhausen begangen hatte, worauf der letztere seinen Irrthum erkannte [f]).

Tschirnhausens Wahrnehmung wurde von den damaligen Mathematikern sehr bald auf convergirenden

e) Acta erud. Lips. 1682. p. 364. sq.

f) ibid. 1691. p. 71.

gende, divergirende, zurückgeworfene und gebrochene Strahlen erweitert. Die beyden Brüder Jakob Bernoulli [g]) und Johann Bernoulli [h]) haben hierüber verschiedene Aufsätze geliefert. Auch Carré [i]) hat die Brennlinien in einer eigenen Abhandlung sehr schön untersucht.

De la Hire [k]) beobachtete, daß ein leuchtender oder hell erleuchteter Körper, welcher im Dunkeln durch ein ebenes und gut polirtes Glas betrachtet wird, zum wenigsten viermal vervielfältigt erscheint, und zwar desto deutlicher, je schiefer das Glas gegen das Auge gehalten wird. Diese vielfachen Bilder des Objektes erscheinen bald auf der einen, bald auf der andern Seite des leuchtenden Körpers, und werden, je weiter sie von diesem entfernt liegen, desto schwächer, bis sie endlich ganz verschwinden. Jedoch giebt es eine schiefe Stellung des Glases, wo der leuchtende Körper nicht vielfach erscheint, und einige Gläser bewirken gar keine Vervielfältigung, sie mögen so sehr, als man will, geneigt werden.

Wenn die Seitenflächen des Glases vollkommen parallel sind, so, sagt de la Hire, könne gar keine Vervielfältigung statt haben; denn in diesem Falle ist jeder ausgehende Strahl seinem einfallenden parallel. Und wenn der leuchtende Gegenstand so weit von dem Glase entfernt ist, daß man die auffallenden Strahlen

g) Acta erud. Lipſ. 1692. p. 207. Opp. T. I. n. 49. p. 491. Acta erud. 1693. p. 244. Opp. T. I. n. 56. p. 549. T. II. p. 1077.

h) Ibid. 1692. p. 30. Opp. T. I. p. 52. T. III. p. 464.

i) Mémoir. de l'Acad. roy. des. ſcienc. de Paris. an. 1703.

k) Ibid. an. 1699.

len als parallel betrachten kann, so werden sie auch bey noch so oftmaliger Reflexion innerhalb des Glases allezeit parallel unter einander ausgehen, so wie solches die fig. 32. deutlich darstellt.

Wenn aber die Seitenflächen des Glases gegen einander geneigt sind, wie (fig. 33.) cd und bd, so wird der Strahl cr, welcher im Glase zweymal zurückgeworfen wird, nach der Richtung po ausgehen, welche mit der Glasfläche bd einen stumpfern Winkel macht, als der gebrochene Strahl ob; mithin werden sich beyde Strahlen bo und po irgendwo in einem Punkte o schneiden müssen; ein Auge also, welches in diesem Punkte seine Stelle hat, wird zwey Bilder von dem Objekte c sehen, eins nach der Richtung ob, welches am lebhaftesten ist, und das andere nach der Richtung op, welches schwächer ist, und zur Rechten des Hauptbildes liegt. Erleidem vom Objekte c herkommende Strahlen noch mehrere Reflexionen innerhalb des Glases, so wird auch das Auge noch mehrere Nebenbilder sehen, die sich aber immer weiter von einander entfernen, und schwächer werden, weil bey jeder Reflexion Licht verlohren geht. Je schiefer das Glas vor das Auge gehalten wird, desto mehr liegen diese Bilder von einander entfernt. In dem Falle, wenn die Neigung der Glasflächen nach der Seite des Objektes c hinfällt, beweiset de la Hire, daß die Nebenbilder auf der andern Seite des Hauptbildes liegen werden.

Auch wendet er diese Untersuchungen auf den Fall an, da man den leuchtenden Körper vermittelst des reflektirten Lichts sieht, und zeigt, daß mehrere Bilder entstehen werden, wenn die beyden Flächen des Glases eine Neigung gegen einander haben, und daß auch

auch hier die Bilder nach derjenigen Seite hin liegen, nach welcher die Flächen des Glases sich neigen.

Auch, sagt er, könne man durch dieses Mittel weit genauer, als es mit dem besten Tasterzirkel möglich sey, erforschen, ob die Flächen eines Glases vollkommen mit einander parallel wären, oder nicht. Man nimmt nämlich im Dunkeln ein brennendes Licht, und im Hellen einen schwarzen Faden, und wenn in allen Lagen des Glases und des Auges gegen einander das Bild einfach bleibt, so kann man versichert seyn, daß die Flächen des Glases genau mit einander parallel sind. Im Gegentheil, wenn zwey oder mehrere Bilder erscheinen, müssen die Flächen gegen einander geneigt seyn, wofern nur das Objekt so weit entfernt ist, daß die Strahlen, welche das Auge erhält, als parallel auffallend betrachtet werden können.

Außerdem bemühte sich de la Hire[1]) zu beweisen, daß der Weg, welchen der Lichtstrahl durch die Atmosphäre nimmt, wegen der Brechung in selbiger eine Cykloide oder Radlinie sey, wenn man die Voraussetzung annimmt, daß sich die Dichtigkeit der Luft, wie das Gewicht, das sie zusammendrückt, verhalte. Wenn der einfallende Strahl die Atmosphäre berührt, so ist seiner Meynung nach der Durchmesser des die Radlinie erzeugenden Kreises die Höhe der Atmosphäre selbst; dieser Durchmesser wird immer größer, je weniger Schiefe die auffallenden Strahlen besitzen, und unendlich groß, wenn der Strahl senkrecht ist, d. i. die Radlinie verwandelt sich in eine gerade Linie; welches mit der bekannten Erfahrung zusam-

l) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1702.

sammenstimmt, daß der senkrecht auffallende Strahl keine Brechung leidet. Dabey nimmt zwar de la Hire an, daß die Oberfläche der Atmosphäre eben sey; weil sie aber eine Krümmung hat, so verwandelt sich, sagt er, die Cykloide in eine Epicykloide. Diese Veränderung hat jedoch keinen Einfluß auf die Haupteigenschaften dieser Curven.

Es hat aber Hermann[m]) gezeigt, daß des de la Hire Meynung nicht richtig sey, weil sie seinem ersten Grundsatze, daß sich die Dichtigkeit der Luft wie das Gewicht, das sie zusammendrückt, verhalte, gerade zu widerspreche; vielmehr sucht er zu beweisen, daß diese Curve des Lichtstrahls ins Unendliche neben einer Asymptote hinläuft. Auch hat Brook Taylor in seiner methodus incrementorum bewiesen, daß diese Linie eine von den verwickeltsten und schwersten sey, die man nur aufgeben könne.

Die schon von den meisten Alten angenommene und von Hobbes noch mehr aus einander gesetzte Erklärung des Phänomens, daß die Sonne und der Mond nahe am Horizonte größer gesehen werden, hatten zwar die angesehensten Schriftsteller eine lange Reihe von Jahren hindurch als richtig angenommen, dabey aber doch ganz allgemein behauptet, daß die Gegenstände, welche den Raum zwischen dem Horizonte und dem Auge eintheilen, auch nothwendig durchs Gesicht empfunden werden müßten, wenn man sich ihn so sehr weit ausgedehnt vorstellen sollte, und daraus entstanden gegen diese Erklärung verschiedene Einwendungen. So glaubt der P. Gouye[n]) die alte Meynung dadurch umzustoßen, daß uns der Mond desto grö-

m) Acta erudit. Lipſ. 1706. p. 257.

n) Histoire de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1700.

größer erscheine, je mehr der Horizont begrenzt sey. Er giebt vielmehr zur Ursache die Dünste an, welche nahe am Horizonte sich befinden, und in welche der Mond gleichsam eingehüllt sey. Auch Molyneux [o]) sagt, wenn die gemeine Erklärung richtig wäre, so könne man zu jeder Zeit, auch wenn der Mond im Meridiane sich befände, seine scheinbare Größe vermehren, indem man ihn nur, um den Raum zwischen ihm und dem Auge einzutheilen, über einer Reihe von Schornsteinen, über dem Rücken eines Hügels oder dem Forste eines Hauses betrachten dürfte. Auch glaubt er die gemeine Meynung dadurch zu widerlegen, weil der Mond längst der Oberfläche der See hin eben so groß am Horizonte erscheine, da doch hier keine Gegenstände vorhanden wären, welche die Vorstellung der größern Entfernung erregen könnten, und weil selbst alsdann, wenn alle dazwischen liegende Gegenstände dem Gesichte entzogen würden, z. B. wenn man den Mond durch eine Röhre betrachtet, der Betrug der Einbildung nicht gehoben werde, weil man sich demungeachtet den Mond so groß wie vorher vorstellt. Hierauf sucht er des Gassendi und Hobbes Erklärungen zu widerlegen, giebt aber keine andere an.

Was die verschiedenen Farben der Wolken betrifft, welche man besonders an ihnen des Morgens und des Abends wahrnimmt, so sucht diese Newton [p]) aus der verschiedenen Größe der Kügelchen, in welche die Dünste verdichtet werden, herzuleiten, indem nämlich in selbigen einige farbige Strahlen zurückgeworfen, andere aber durchgelassen würden. Denn, sagt

o) Philosoph. Transact. abrid. Vol. I. p. 221.

p) Optice, lib. II. P. III. prop. V. p. 194.

sagt er, er könne bey einer so durchsichtigen Materie, wie das Wasser ist, keinen andern Grund von der Entstehung der Farben auffinden, als die verschiedenen Größen der Wasserkügelchen, woraus die Wolken zusammengesetzt sind.

Auch fällt in diesen Zeitraum eine schöne Bemerkung von David Gregory, welche damaliger Zeit aber nicht geachtet wurde, sondern erst nach einer langen Reihe von Jahren von Euler mit der glücklichsten Anwendung zur Erfindung der achromatischen Fernröhre benutzt wurde. Es hatte nämlich Gregory [q]) den Bau des Auges, in so fern selbiges aus Feuchtigkeiten von verschiedener Brechungskraft besteht, zur Nachahmung der Fernröhre vorgeschlagen. Am Ende seiner Anfangsgründe sagt er: wenn wegen der mit der Ausarbeitung metallener Spiegel verbundenen Schwierigkeiten Linsengläser doch lieber gewählt werden sollten, so möchte es wohl nützlich seyn. das Objektiv aus Mitteln von verschiedenen Dichtigkeiten zusammen zu setzen, wie es die Natur, die nichts vergeblich thut, bey dem Baue des Auges gemacht hat, um das Bild aufs deutlichste sich entwerfen zu lassen.

Homberg [r]) wollte auch bey der sehr großen Dünne des Lichts gleichwol einen Stoß desselben gegen andere Körper wahrgenommen haben. Denn als der Brennpunkt eines 12 bis 13 Zoll breiten Linsenglases auf dergleichen leichte Körper gefallen sey, so habe er bemerkt, daß sie durch den Stoß der verdichteten Sonnenstrahlen in Bewegung versetzt, und eine Uhrfeder in eine schwingende Bewegung gekommen wäre.

Auch

q) Catoptr. et dioptr. elementa. Oxon. 1697. 8.

r) Histoire de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1708.

Auch versuchte es Huygens [s]), das Licht des Sirius und der Sonne dadurch mit einander zu vergleichen, daß er beyde Körper durch eine 12 Zoll lange Röhre betrachtete, welche an dem einen gegen diese Körper gerichteten Ende eine kleine runde Oefnung von $\frac{1}{12}$ Linie im Durchschnitte, und an dem andern ein kleines mikroskopisches Glaskügelchen, dessen Halbmesser $\frac{1}{24}$ Linie betrug, besaß. Hiemit konnte er den 27664 Theil der Sonne übersehen, und als er sich, um alles fremde Licht abzuhalten, überall verhüllte, schien ihm dieser Theil der Sonne den Sirius zur Nachtzeit an Größe und Licht gleich zu kommen.

Der Pariser Capuciner, Franziscus Maria [t]) glaubte, daß die Abnahme des durch mehrere Gläser gehenden Lichts in arithmetischer Progression geschehe, welche doch bey sonst gleichen Umständen in geometrischer geschieht. Um die Stärke eines Lichts zu messen, verfuhr er auf folgende sehr fehlerhafte Art: er versuchte, wie viel Gläser er nehmen müßte, um das Licht ganz unmerklich zu machen.

Der erste, welcher sich ein künstliches Auge verfertigen ließ, um hiemit durch Versuche zu zeigen, daß die von einem Objekte ins Auge fallende Strahlen ein Bild auf der Netzhaut abmahlten, war der Freyherr von Wolf [u]). Er ließ sich zwey Halbkugeln von Holz im Diameter ohngefähr 2 Zoll 8 Linien hohl drechseln, welche man mittelst einer Fuge (fig. 34) ac leicht an einander stecken konnte. In b war eine kreis-

run-

s) Cosmotheor. Hag. 1698. 4. lib. II. p. 135.

t) Nouvelles découvertes sur la lumière. Paris 1700.

u) Nützliche Versuche. Th. III. Cap. VIII. §. 11.

runde Oefnung 5 Linien weit, und eine kleine Vertiefung, in welche man ein rundes Gläschen drucken konnte. Inwendig war bey dem Loche b eine kleine Röhre e angedrechselt, woran man eine andere f stekken konnte, die sich hin und her verschieben ließ. In diese Röhre war ein biconvexes Gläschen eingesetzt, welches die Stelle der Krystallinse vertrat. In die andere Halbkugel ward gleichfalls ein kreisrundes Loch gemacht, das aber an die 12 Linien weit war, um eine hölzerne Röhre g hineinzustecken, und in diese ward ein matt geschliffenes Glas eingesetzt, welches die Netzhaut des Auges vorstellte. Wurde nun die Oefnung b gegen ein Objekt gerichtet, so mahlte sich dieses bey gehöriger Stellung auf dem matt geschliffenen Planglase ab.

Zweytes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen in der Lehre von der Wärme.

Wesen der Wärme.

Das Wesen der Wärme scheint Newton in eine schwingende Bewegung eines ätherischen Mittels gesetzt zu haben. Auf diese Meynung ward er durch einen Einwurf, welchen ihm der Herr von Leibnitz und andere machten, geleitet. Man hatte ihm nämlich vorgeworfen, daß er die verborgenen Qualitäten der Scholastiker wieder einführe, und außer der Luft keine subtilere Materie zugebe, weil seine Schüler und andere Anhänger von ihm dergleichen als von

von ihm demonstrirte Sachen behaupteten. Newton billigte zwar die damals zu kühne Behauptung seiner Schüler und Anhänger keinesweges; um aber den Einwurf, daß es keine feinere Materie, als die Luft, gäbe, zu heben, verfiel er auf folgenden Versuch. Er nahm zwey weite und hohe cylindrische Gefäße, und hieng in jedes ein kleines Thermometer so auf, daß es auf keiner Seite das Glas berührte; hiernächst zog er aus dem einen Gefäße die Luft heraus, und brachte nachher die beyden Glascylinder aus einem kalten Orte in einen warmen; hier fand er das Thermometer im luftleeren Raume eben so empfindlich, wie im luftvollen. Daher frägt er nun: wird nicht die Wärme im luftvollen Raume durch Schwingungen eines Mittels, welches viel feiner als die Luft ist, hervorgebracht, und ist dieses Mittel nicht selbst im luftleeren Raume anzutreffen? Verursachen nicht die Schwingungen dieses Mittels, daß die Wärme in warmen Körpern dauerhafter und von größerer Intensität werde? Und theilten nicht warme Körper ihre Wärme kalten jenen nahe genug kommenden Körpern deßwegen mit, weil sich die Schwingungen dieses Mittels aus den warmen Körpern in die kalten fortpflanzen? Ist nicht dieses Mittel weit feiner, elastischer und wirksamer als die Luft? Durchdringt es nicht sehr leicht alle Körper, und ist es nicht durch den ganzen unermeßlichen Himmelsraum vermöge seiner elastischen Kraft verbreitet? x)

Der Herr von Wolf y) billigt zwar Newton's Versuch, um daraus zu beweisen, daß es eine fei-

x) Optice. lib. III. quaest. XVIII. p. 280.

y) Nützliche Versuche. Th. II. Cap. 8. §. 103.

feinere Materie als die Luft gebe; allein es folge daher noch nicht, sagt er, daß diese Materie mit derjenigen einerley sey, die er Wärmematerie nennen wolle. Ueberhaupt sucht es Wolf aus verschiedenen Erscheinungen, von welchen einige in der Folge angeführt werden sollen, wahrscheinlich zu machen, daß die Wärmematerie eine ganz eigene Substanz sey.

Das Thermometer und die freye, fühlbare oder thermometrische Wärme.

Otto von Guericke hatte bereits den Gedanken gehabt, einen festen Punkt am Thermometer zu bestimmen, um dadurch vergleichbare Thermometer zu erhalten, indem er seine Skale so einzurichten suchte, daß seine kleine Figur, welche die Wärmegrade zeigte, gerade zu der Zeit, da Nachtfröste eintreten, auf die Mitte der Skale weiset (Th. II. S. 161.). Indessen war dieser Punkt, den man als Frostpunkt betrachten kann, noch viel zu unbestimmt. Gegen das Ende des 17ten Jahrhunderts schlug der Prof. zu Padua, Carl Renaldini [z]), vor, dem florentinischen Thermometer eine bestimmte Anzahl von Graden zu geben. Sein Vorschlag gieng dahin, man solle eine feine gläserne Röhre mit einer an dem einen Ende angeblasenen kleinen Kugel nehmen, und leztere mit Weingeist so anfüllen, daß sie mit geschabtem Eise umgeben ihren ganzen Raum voll Weingeist enthalte; hierauf solle man das offene Ende der Röhre zuschmelzen. Alsdann soll man verschiedene Gefäße bey der Hand haben, deren jedes etwas mehr als Ein Pfund Wasser halte; in das erste Gefäß sollen 11 Unzen kaltes

z) Philosophia naturalis. Patav. 1694. fol. T. III. p. 276. Acta erud. suppl. T. II. sect. 10. p. 453.

tes Wasser (aqua gelida) und 1 Unze siedendes Wasser zusammengemischt, und in diese Mischung das Thermometer eingetaucht werden, wobey zugleich der Stand des Weingeistes zu bemerken ist; in das andere Gefäß sollen 10 Unzen, in das 3te 9 Unzen, in das 4te 8 Unzen kaltes Wasser u. s. f. und 2, 3, 4 u. f. Unzen siedendes Wasser zusammengemischt, in diese Mischungen nach und nach das Thermometer gebracht, und jedesmal der Stand des Weingeistes bemerkt werden; oder man solle den Abstand des Punktes, wo der Weingeist im Thermometer, wenn es in siedendes Wasser versenkt worden, steht, bis zur Kugel, oder bis zu dem Punkte, wo der Weingeist steht, wenn die Kugel des Thermometers mit geschabtem Eise umgeben worden, in zwölf gleiche Theile eintheilen. Wenn auf solche Art der Weingeist an einem Orte auf der zweyten, an einem andern auf der dritten Abtheilung stehe, so würden sich die Größen der Wärme an beyden Orten wie 2 : 3 verhalten. Diesem Vorschlage gemäß wird also vorausgesetzt, daß das Thermometer absolute Wärme angebe, als ob das kalte Wasser gar keine Wärme mehr enthielte; überdem dehnt sich der Weingeist keinesweges um gleiche Räume aus, wenn die Wärme um gleiche Unterschiede zunimmt. Inzwischen findet sich doch bey allen diesen Fehlern in Renaldini's Vorschlage schon der Gedanke, den Eis- und Siedpunkt zu bemerken, und ihrem Abstande eine bestimmte Anzahl von Theilen zu geben.

Newton [a]) verfertigte sich ein Thermometer von Leinöl, weil dieß ohne zu sieden mehr Hitze verträgt, als der Weingeist, und bestimmte daraus einige Gra-

a) Philosoph. Transact. 1701. n. 270.

Grade der Wärme, die er in eine Tabelle brachte, wovon weiter unten. Hiebey legte er die Punkte zum Grunde, an welchen das Leinöl im schmelzenden Schnee, und bey der Wärme des menschlichen Blutes stand. Den Abstand zwischen beyden Punkten theilte er in 12 gleiche Theile.

Um eben diese Zeit erfand Amontons b) sein Luftthermometer. Es bestand dieses aus einer gläsernen engen Röhre (fig. 35.) abcd, unten bey c in die Höhe gekrümmt, und an selbiger eine Kugel de geschmolzen. In der Röhre abc befand sich so viel Quecksilber, daß, wenn das Thermometer im siedenden Wasser stand, die Höhe der Quecksilbersäule über der untern Quecksilberfläche bd, mit der Barometerhöhe zusammengenommen 73 Pariser Zoll betrug. War z. B. die Barometerhöhe 28 Paris. Zoll, so mußte die Höhe bf 45 Zoll lang seyn. Alsdann setzte Amontons bey f 73 Zoll, und trug längst der Röhre Pariser Zolle und Linien herab, welche, wie die Figur zeigt, rückwärts gezählt wurden, so daß bey b 28 Zoll gestanden hätte, wenn die Röhre so weit zu bezeichnen nöthig gewesen wäre. Verminderte sich nun durch Erkältung die Elasticität der Luft in der Kugel ed, so sank die Quecksilbersäule herab, und ihr Stand gab eine gewisse Anzahl von Zollen an, von welcher man jedesmal so viel abzog, als die Barometerhöhe über 28 Zoll, oder so viel hinzusetzte, als sie unter 28 Zoll betrug, um dasjenige abzurechnen, was allein vom veränderten Drucke der Luft, und nicht von der Wärme abhieng. So fand er die Wärme des frierenden Wassers $51\frac{1}{2}$ Zoll, die in den Kellern der Pariser Sternwarte 54 Zoll u. s. w.

Die

b) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1702.

Die Erfindung dieses Thermometers ist sehr sinnreich, sie hat aber als Wärmemaas sehr große Mängel. Wegen der ungeheuren Länge, welche dies Thermometer haben muß, läßt es sich schwerlich ganz in siedendes Wasser bringen, und nicht ohne Gefahr des Herausgehens der Luft von einem Orte zum andern tragen. Amontons selbst betrachtete es bloß als ein Normalthermometer, nach welchem man dem florentinischen Thermometer bestimmte Eintheilungen geben könnte. Aber auch hier wäre noch die Frage, ob das Verhältniß der Aenderungen des Raumes durch die Wärme dem Verhältnisse der Veränderungen des Drucks, welchen eine bestimmte Luftmasse tragen kann, gleich sey. Auch die Wärme hat einen großen Einfluß auf die Quecksilbersäule, sie dehnt diese aus, und ändert dadurch den Stand des Quecksilbers bey d, wodurch der Anfang der Skale veränderlich gemacht wird; selbst das Luftvolumen bleibt nicht ganz ungeändert, und die Elasticität der Luft wird sogar bey zunehmendem Drucke und gleicher Wärme größer. Endlich werden solche Thermometer verschieden seyn, je nachdem bey Verfertigung derselben die in die Kugel eingesperrte Luft feuchter oder trockener, und überhaupt von ganz anderer Beschaffenheit gewesen ist.

Unter allen damals bekannten Thermometern waren die florentinischen vorzüglich im Gebrauche. Allein außer den im Zweyten Theile (S. 163.) angeführten Mängeln hatte man auch schon bemerkt, daß der Weingeist mit der Zeit seine Kraft, sich durch die Wärme auszubreiten, verliere. Um nun die Thermometer zu einem größern Grade der Vollkommenheit zu bringen, stellte Halley c) verschiedene Versuche an, um

c) Philosoph. Transact. n. 197. p. 650. sqq.

um auszumachen, welche Flüssigkeit zur Verfertigung der Thermometer am geschicktesten sey. Am schicklichsten fand er hiezu das Quecksilber oder die Luft, und schlug daher auch beyde Substanzen zur Vervollkommung der Thermometer vor. Ob nun gleich Halley's Vorschlag noch eine ziemlich lange Zeit unausgeführt blieb, so beschreibt doch schon Dalance[d]) ein mit Quecksilber gefülltes Luftthermometer als eine damals längst bekannte Sache. Die Einrichtung dieses Thermometers ist nämlich folgende: es wird wie ein gewöhnliches Barometer mit Quecksilber gefüllt, hiernächst, wie die fig. 35. zeigt, bey c umgebogen, so daß der obere Raum fa luftleer, und die Höhe der Quecksilbersäule bf der Barometerhöhe gleich ist. Wird alsdann die in der Kugel cd befindliche Luft durch die Wärme ausgedehnt, so druckt diese vermöge ihrer Elasticität das Quecksilber über f hinauf, es sinkt dagegen unter f weiter herab, wenn die Luft in cd kälter wird. Balthasar, Prof. der Mathematik zu Erlangen, beschreibt dieß Thermometer als eine neue Erfindung[e]), und giebt zugleich den Rath, man solle die Röhre oben in a gleich zuschmelzen, und die Kugel in c durch ein kleines Röhrchen offen lassen, damit man es wie ein Barometer bequem füllen, und nachher zuschmelzen könne. Balthasar füllte den 4ten Theil der Kugel cd auf solche Art mit Quecksilber an, und ließ $\frac{3}{4}$ leer. Man sieht aber sehr leicht, daß auf diese Weise eben so wenig vergleichbare Thermometer zu Stande gebracht werden können, als bey allen übrigen bisher bekannten Thermometern.

Der

d) Traité des baromètres, thermomètres et notiomètres. Amst. 1688. 8 p. 80 sqq

e) Acta eruditor. Lips. 1719. p. 128. sq.

Der erste, dem es glückte, genau übereinstimmende Thermometer zu verfertigen, war der dadurch so berühmt gewordene Künstler aus Danzig, Daniel Gabriel Fahrenheit, welcher mit der Handlung unglücklich gewesen war, sich durch Verfertigung der Thermometer nährte und nachher in Holland niederließ. Seine anfänglichen Thermometer waren mit Weingeist gefüllt. Im Jahre 1714 schenkte er Wolffen zwey kleine Weingeistthermometer, welche statt der Kugeln Cylinder hatten, wovon die Höhe des einen $1\frac{3}{8}$ Zoll, und die des andern $1\frac{2}{16}$ Zoll war; sonst besaßen diese Cylinder allenthalben nicht einerley Weite. Die Länge der einen Röhre betrug $6\frac{11}{16}$, und die der andern $6\frac{15}{16}$ Zoll. Diese beyden Thermometer stimmten vollkommen mit einander überein, worüber sich Wolf sehr wunderte, und meinte, der Grund davon möchte wol in einer besondern Beschaffenheit des Weingeistes liegen [f]). Etwa zehn Jahre darauf machte Fahrenheit seine Methode, übereinstimmende Thermometer zu verfertigen, selbst bekannt [g]). Sein Verfahren war folgendes: er brachte das Thermometer in eine Mischung von Eis, Wasser und Salmiak oder Kochsalz, und bezeichnete die Stelle, da der Weingeist stehen blieb, mit Null, indem er diesen Punkt für die Grenze der größten Kälte annahm. In welchem Verhältnisse er die Mischung von Eis und Salz gemacht habe, führt er nicht an; es scheint vielmehr, als habe er sich hierüber an keine Bestimmung gebunden. Hierauf brachte

f) Relatio de novo thermometrorum concordantium genere in Act. erud. Lipf. 1714. p. 380. ingl. nützliche Versuche Th. II. Cap. 5. §. 51.

g) Philosoph. Transact. 1724. n. 382. p. 78.

te er das Thermometer in eine Mischung von Wasser und Eis, und betrachtete diesen Punkt, wo der Weingeist stand, als den Anfangspunkt der Gefrierung (terminus initii congelationis). Den Abstand vom künstlichen Frostpunkte bis zu diesem Gefrierpunkte hatte er in 32 Grade getheilt, so daß also beym letztern festen Punkte die Zahl 32 stand. Den dritten und letzten festen Punkt endlich bestimmte er durch die Blutwärme eines gesunden Menschen, welcher das Thermometer entweder in den Mund oder unter die Arme hielt. Diese Stelle bezeichnete er vom künstlichen Eispunkte an gerechnet mit 96, so daß also der Abstand zwischen den beyden Punkten, dem künstlichen Eispunkte und der Blutwärme eines gesunden Menschen 96 Grade faßte.

Den Siedpunkt des Wassers als festen Punkt hatte er aus Amontons Abhandlung [h]) kennen gelernt, und selbst darüber Versuche angestellt, die er schon vorher in den philosophischen Transactionen [i]) erzählt. Er sagt, er habe einen Versuch gemacht, ein Amontons'sches Luftthermometer zu Stande zu bringen, sey aber durch Schwierigkeiten und Mangel an Zeit abgehalten worden. Nun sey ihm aber eingefallen, was Amontons vom Barometer schreibe, daß die Höhe der Quecksilbersäule durch den Einfluß der Wärme merklich geändert werde. Dieß habe ihn auf den Gedanken geleitet, daß man vielleicht Quecksilberthermometer verfertigen könne. Er habe auch wirklich ein solches Thermometer (wiewol noch unvollkommen) zu Stande gebracht; und mit großem Vergnügen folgende feste Punkte der Siedhitze gefunden:

Liquos

h) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1703.
i) N. 381. p. 1. sqq.

Liquoren	specif. Gewicht bey 48° Wärme	Siedhitze
Alkohol	8260	176 Grade
Regenwasser	10000	212 —
Salpetergeist	12925	242 —
Pottaschenlauge	15634	240 —
Vitriolöl	18775	546 —

Fahrenheit führt zugleich in seiner Abhandlung (Philos. Trans. n. 382) an, er habe Amontons Aufsatz vor nunmehr 10 Jahren gelesen, woraus zu erhellen scheint, daß Fahrenheit in dem Jahre 1714 oder 1715 auf den glücklichen Gedanken kam, die Weingeistthermometer mit Quecksilberthermometer zu vertauschen.

Indessen rechnet Fahrenheit den Siedpunkt des Wassers nicht mit zu den festen Punkten, welche er zur Bestimmung seiner Skale gebraucht, weil seine gewöhnlichen Thermometer nur bis auf den 96ten Grad giengen. Nur an den größern Thermometern, welche er zur Beobachtung der Hitze siedender Liquoren gebrauchte, ließ er die Grade bis 600 fortgehen, bey welchem Punkte, wie er sagt, das Quecksilber selbst, womit diese Thermometer gefüllt waren, zu kochen anfieng.

Bey den noch jetzt gewöhnlichen Thermometern von Fahrenheit, welche Quecksilberthermometer sind, hat man die beyden festen Punkte, nämlich den von Fahrenheit bestimmten künstlichen Eispunkt und den Siedpunkt des Wassers als bestimmte Punkte angenommen, und den Abstand, so wie es Fahrenheit gefunden hatte, in 212 Theile unter dem Nahmen der Thermometergrade eingetheilt. Der 32te

Grad

Grad ist der natürliche Eispunkt, bey welchem das Wasser zu gefrieren, oder wo das Eis zu thauen anfängt.

In diesem Zeitraume fieng man an, die thermometrische Wärme viel bestimmter und genauer zu untersuchen, als es zuvor geschehen war, und eben dieß hatte die große Vervollkommnung der Thermometer zur Folge. Der erste, der sich hiemit beschäftigte, war der verdiente Halley [k]). Um nämlich die Thermometer zu einem größern Grade der Vollkommenheit zu bringen, ward er veranlaßt, Versuche über die Ausdehnung der Wärme mit verschiedenen Flüssigkeiten anzustellen. Er fand, daß sich das gemeine Wasser ungemein schwer ausdehne, bis es die Siedhitze erreichte, wo es sich plötzlich in einen größern Raum ausbreitete. War es aber einmal zum Sieden gekommen, so dehnte es sich nicht weiter aus, so sehr auch die Wärme vermehrt wurde. Seine ganze Ausdehnung belief sich auf $\frac{1}{26}$ des vorigen Raums. Halley war also der erste, welcher fand, daß das Wasser einen bestimmten Wärmegrad an sich habe, welcher sich nicht vergrößern läßt. Noch bestimmter fand er diesen beständigen Grad der Siedhitze des Wassers mit Hülfe des Quecksilbers. Er nahm nämlich eine gerade gläserne Röhre mit einer daran geschmolzenen Kugel, und füllte diese nebst einem Theile der Röhre mit Quecksilber an. Nachdem er nun diesen Apparat ins Wasser gestellt, und dieses zum Sieden gebracht hatte, so blieb das Quecksilber in der Röhre unbeweglich stehen, er mochte das Wasser so lange fortsieden lassen als er wollte. Bey dieser Gelegenheit bemerkte er zugleich, daß das Quecksilber gleich anfänglich stieg, und nach und nach mit der

k) Philos. Trans. 1693. n. 197. p. 650.

der Zunahme der Wärme bis zum Sieden des Wassers sich ausdehnte, und eben wegen dieses ziemlich gleichförmigen Ganges in der Ausdehnung des Quecksilbers schlug es vorzüglich Halley zum Gebrauche des Thermometers vor. Uebrigens war aber die Ausdehnung desselben ungemein gering, indem es kaum $\frac{1}{74}$ mehr Raum einnahm als vorher, wenn es durch die Siedhitze des Wassers ausgebreitet wurde. Was den Weingeist betrifft, so stieg dieser mit zunehmender Wärme in der Röhre stufenweise in die Höhe, doch anfänglich langsamer, aber viel geschwinder, nachdem er schon erhitzt war, und fieng schon bey einem gewissen durch Berührung noch erträglichen Grade zu kochen an. Nachher ließ sich über seine fernere Ausbreitung gar nichts bestimmtes weiter festsetzen. Seine ganze Ausdehnung, bis er zu kochen anfieng, belief sich bis auf $\frac{1}{12}$ des vorigen Raums. Die gemeine Luft endlich dehnte sich in der größten Sommerhitze um $\frac{1}{13}$ des vorigen Raumes aus, und wurde von der größten Kälte in England um $\frac{1}{20}$ des vorigen Raumes verdichtet; mithin betrug die Ausdehnung derselben von der größten Winterkälte bis zur größten Sommerhitze $\frac{1}{20} + \frac{1}{13} = \frac{33}{260}$ oder beynahe $\frac{1}{8}$ des vorigen Volumens. Da übrigens die Ausdehnung der Luft überaus gleichförmig geschah, so schlug Halley vorzüglich diese zur Verfertigung der Thermometer vor.

Im Jahre 1702 fand auch Amontons [l]) den bestimmten Grad der Wärme des siedenden Wassers, ohne von Halley's Wahrnehmungen etwas gewußt zu

l) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1702. 1703.

zu haben. Mittelst seines Luftthermometers bemerkte er nämlich zu seiner großen Verwunderung, daß das Quecksilber in selbigem nicht weiter stieg, wenn einmal das Wasser, in welchem das Thermometer versenkt war, siedete, so sehr er auch die Hitze vermehrte. Uebrigens setzte er auf diese Entdeckung einen sehr großen Werth.

Indessen war es doch schon vorzüglich durch die Bemühungen des Papin und Huygens (Th. II. S. 180.) bekannt, daß der Druck der Luft auf den Siedgrad des Wassers einen merklichen Einfluß habe. Noch mehr bestätigte dieß Fahrenheit m) im Jahre 1724, indem er fand, daß bey verschiedenem Drukke der Atmosphäre der Siedpunkt des Wassers auch verschieden ausfiel. Er zeigte dieß vorzüglich durch eine Art von Wasserthermometer, welches in kochendes Wasser gebracht viel höher steht, wenn das Barometer einen hohen Stand hat. Daher that er den Vorschlag, diesem Thermometer eine solche Einrichtung zu geben, daß es im siedenden Wasser bey 28 engl. Zoll Barometerhöhe an der tiefsten Stelle der Röhre, und bey 81 Zollen an der höchsten stehe, damit man es als eine neue Art von Barometer gebrauchen könne.

Aus allen diesem ist leicht einzusehen, daß der Siedpunkt des Wassers, wenn er am Thermometer zum festen Punkte werden soll, jederzeit bey gleichem Drucke der Atmosphäre oder bey einerley Barometerhöhe bestimmt werden muß.

Wir müssen aber auch Newton'n nicht vergessen. Dieser bemerkt n), er habe mittelst des Thermometers

m) Philos. Transact. num. 385. p. 179.

n) Princip. lib. III. prop. VIII. coroll. 4. not. o. ed. *le Sieur et Jacquier.*

meters gefunden, daß die Siedhitze des Wassers die Sommerhitze siebenmal übertreffe. Diese Bemerkung scheint sich auf die Tafel der Wärmegrade zu beziehen, welche er in den philosophischen Transactionen [o]) geliefert hat. Diese Tafel hatte Newton mittelst seines Leinölthermometers und eines glühenden Eisens aufgestellt. Er hatte nämlich gefunden, daß das Oel, wenn es beym Eispunkte als 0 Grad Wärme einen Raum von 10000 Theilen einnahm, durch die Wärme des menschlichen Körpers in einen Raum von 10256, durch die Wärme des zu sieden anfangenden Wassers in den Raum von 10705, durch die Wärme des heftig siedenden Wassers in den von 10725, und durch die Wärme des geschmolzenen Zinnes, bey welcher es zu gestehen anfängt, in den Raum von 11516 Theilen u. s. f. ausgedehnt wird. Die Verdünnung der Luft bey gleicher Wärme war 10mal größer als die des Leinöls, und diese 15mal größer, als die Verdünnung des Weingeistes. Nahm er nun die Voraussetzung an, daß die Wärme des Leinöls seiner Verdünnung proportional sey, und bezeichnete er die Wärme des menschlichen Körpers mit der Zahl 12, so ergab sich daraus für den Wärmegrad des heftig siedenden Wassers die Zahl 34. In der Tabelle aber, wo er den Grad der Wärme des menschlichen Körpers mit 12 bezeichnet, setzt er den Wärmegrad der Sommerhitze 4, 5 oder 6. Nimmt man hieraus das Mittel, so ergiebt sich das Verhältniß der Sommerwärme zur Wärme des siedenden Wassers wie 5 : 34 oder sehr nahe wie 1 : 7.

Den

o) For the year 1701. *Newtoni* opuscula coll. a *Castilioneo* p. 419. sqq.

Den hierbey angenommenen Satz, daß die Wärme des Leinöls seiner Verdünnung proportional sey, bewieß Newton auf eine sehr sinnreiche Art durch die Erkältung eines glühend gemachten Eisens. Er brachte dieß nämlich an einen Ort, wo der Wind gleichförmig auf selbiges bließ, so daß die durch das Eisen erwärmte Luft beständig fortgetrieben, und an deren Stelle kalte mit gleichförmiger Bewegung hingebracht wurde. Auf solche Art wurden in gleichen Zeiten auch gleiche Theile der Luft erwärmt, und sie empfiengen durch Mittheilung eine Wärme, welche der Wärme des Eisens proportional war. Wenn also die Zeit, während welcher das Eisen seine Wärme verliert, in gleiche Theile getheilt wird, so wird sich die Wärme, welche das Eisen in jedem dieser Zeittheile verliert, wie die ganze Wärme des Eisens verhalten. Gedenkt man sich demnach eine gerade Linie gezogen, deren Abscissen die Zeiten vorstellen, und deren Ordinaten die Wärme des Eisens in allen einzelnen Zeitmomenten bedeuten, so werden die Unterschiede dieser Ordinaten den Ordinaten selbst proportional, und die Curve durch die Endpunkte der Ordinaten wird eine logarithmische Linie seyn. Wächst daher die Zeit im arithmetischen Verhältnisse, so wird die Wärme des Eisens im geometrischen Verhältnisse abnehmen, und daher dasselbe durch Hülfe der Logarithmen sehr leicht gefunden werden können.

Hiernächst brachte Newton auf das glühend gemachte Eisen einige Theilchen von leichtflüssigen Materien, und bemerkte die Zeit der Erkältung, bis die geschmolzenen Theilchen gestanden, und die Wärme des Eisens der Wärme des menschlichen Körpers gleich war; auf diese Weise fand er die Wärme, welche

diese Materie zum Flüssigwerden gebrauchte, und da diese so gefundene Wärme in dem nämlichen Verhältnisse wie die durchs Thermometer gefundene ist, so hielt er sich berechtigt, das Gesetz anzunehmen, daß die Verdünnung des Oels seiner Wärme proportional sey.

Wenn wir die Wärme und Kälte bloß nach unserm Gefühl abmessen wollen, so läßt es sich leicht begreifen, daß wir uns ungemein täuschen würden. Indessen mußte doch auch schon das Gefühl die Menschen hinreichend überzeugen, daß Wärme und Kälte nicht allein zu verschiedenen Jahreszeiten, sondern auch sogar in einem jeden Tage beständig abwechseln. Und daraus hätte man schon sehr leicht vermuthen können, daß die Kälte nichts positives sey. Allein demungeachtet gab es in diesem Zeitraume noch viele Naturphilosophen, welche die Kälte durch eine eigene kaltmachende Materie erklärten, die in den Salzen und besonders im Salpeter enthalten seyn sollte. Diese Meynung wurde aber unter andern besonders von dem scharfsinnigen Mariotte [p]) widerlegt, welcher vielmehr ganz richtig die Kälte als eine negative Wärme, oder als Mangel der freyen oder fühlbaren Wärme betrachtet. Er zeigte, daß sich alle Phänomene, welche durch die Kälte hervorgebracht werden, sehr natürlich aus der Abwesenheit der Wärme, ohne eine kaltmachende Materie zu Hülfe zu nehmen, auf eine genugthuende Art erklären lassen. Nur irrte er darin, daß er mit andern glaubte, die dichtern Körper leiteten

p) Essai du chaud et du froid in den Oeuvres *de Mariotte.* à la Haye 1740. 4. p. 184. sqq.

ten die Wärme stärker, als die lockerern, und die Salze machten diejenigen Materien, mit welchen sie vermischt würden, als Wasser, Schnee u. d. gl. deswegen kalt, weil sie dichter als diese wären, und daher ihre Kälte diesen viel stärker mittheilten. Sonst zeigte er aber ganz richtig, daß man in Beurtheilung der Wärme und Kälte unserm Gefühle keinesweges trauen könne, und suchte das gemeine Vorurtheil, welches aus dieser Quelle seinen Ursprung hat, als wenn im Winter die Keller wärmer wie im Sommer wären, durch mancherley Versuche zu widerlegen. Er brachte nämlich Thermometer in einen Keller, welcher 30 Fuß tief war, und wiederholte die Versuche damit in einem andern Keller, der 84 Fuß tief war; in beyden stieg der Weingeist im Sommer viel höher als im Winter, wiewol der Unterschied im tiefern Keller geringer war, als in dem weniger tiefen, so daß er vermuthet, in einer Tiefe von 100 Fuß werde die Temperatur zu allen Zeiten sich ziemlich gleich bleiben. Daß uns aber demungeachtet die Keller im Sommer kälter und im Winter wärmer vorkommen, das sey eine bloße Täuschung unsers Gefühls. Denn im Sommer sey die äußere Luft viel wärmer, als die im Keller; kämen wir also aus jener in diese, so müsse es uns nothwendig daselbst kalt scheinen; im Winter hingegen finde gerade das Gegentheil statt.

Eine andere hieher gehörige Beobachtung, welche zuerst der Abbé Teinturier zu Verdün machte, lehrt, wie sehr uns der Sinn in Beurtheilung der Wärme und Kälte täuschen könne. Dieser hatte nämlich wahrgenommen, daß der Liquor im Thermometer, gegen welches mit einem Blasebalge geblasen wurde, um ein beträchtliches in die Höhe stieg, da doch dadurch

durch für unser Gefühl ein Wind verursacht wird, der uns kalt zu seyn scheint.

Teinturier hatte diese Beobachtung dem jüngern Cassini erzählt. Um also zu untersuchen, ob diese Wirkung auch bey andern Thermometern statt finde, ließ dieser gegen selbige an verschiedenen Orten mit einem gewöhnlichen Blasebalge blasen, und fand jederzeit dasselbe Resultat, wie Teinturier. Er glaubte diese Erfahrung nicht anders erklären zu können, als daß man annehmen müsse, daß bey jeder Bewegung Wärme erzeugt werde; die durch den Blasebalg heftig bewegte Luft erhielte einige Wärmegrade, wenn sie gleich unserm Gefühle kalt vorkäme, weil die angetriebenen Lufttheile in größerer Menge unsern Körper berührten, welcher doch weit wärmer wäre, als die Luft, die wir einathmeten [q]).

Es hatte aber bereits der ältere de la Hire einmal die Kugel eines Thermometers mit Schnee umgeben, selbiges an einem windstillen Orte der freyen Luft ausgesetzt, und bemerkt, daß der Weingeist in Ansehung seines Standes gar keine Aenderung erlitt, wenn er auch mittelst eines Blasebalges gegen den Schnee heftig blies. Da nun diese Beobachtung Cassini's Erfahrung entgegen war, so unternahmen es die beyden de la Hire, Vater und Sohn, genaue Versuche hierüber mit vier Thermometern, 3 Weingeistthermometer und Ein Amontons'sches Luftthermometer, anzustellen. Hier fanden sie nun, daß der Liquor in den Thermometern bald stieg, bald herabfiel, bald unbeweglich stehen blieb. Diese Wirkun-

q) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1710.

kungen leiteten sie ganz richtig aus den verschiedenen Zuständen der die Thermometer umgebenden Luft her [r]).

Obgleich überhaupt die Lehre von der Wärme in diesem Zeitraume noch in tiefem Schlafe lag, so erhellet doch schon aus dem bereits angeführten, daß man sie etwas sorgfältiger, als vormals, zu untersuchen anfieng, und eben hiezu gab die größere Vervollkommnung der Thermometer Gelegenheit. Unter allen aber hat keiner die Untersuchung über die Wärme und Kälte so weit getrieben, als der Herr von Wolf [s]), und unter vielen irrigen hat er doch so manche richtige Bemerkungen gemacht, welche angeführt zu werden verdienen, besonders da der Gegenstand selbst von äußerster Wichtigkeit ist. Nach seiner Meynung gebrauchen die specifisch schwerern flüssigen Materien einen zum Sieden größern Wärmegrad, als die specifisch leichtern. Bey den festen Körpern hingegen richte sich der höchste Grad der Wärme, den sie vertragen könnten, ohne aufgelöset zu werden, nicht allein nach der Dichtigkeit, sondern auch nach der Festigkeit der Materie, besonders der kleinen Theile. Er bemerkt, daß eine Materie in einerley Zeit und in einerley Wärme wärmer als die andere werden könne, und zwar die dichtere, als das Eisen, eher, als die nicht so dichte, z. B. Holz. Demnach ist, sagt er, zu merken, daß die eigenthümliche Materie eines Körpers zweyerley Zwischenräume besitze. Einige sind groß und weit, dergleichen wir an Körpern von sehr leichter Art antreffen, als im Holz, Leder, Schwamm u. d. gl. und mit grober Luft erfüllt, die sich unter der Luftpumpe

r) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1710.
s) Nützliche Versuche. Th. II. Cap. 8.

re ausziehen läßt; andere hingegen sind sehr klein, und in den kleinen Theilchen oder Körperchen enthalten, welchen wir eine Stetigkeit zueignen, auch wenn wir sie durch die Vergrößerungsgläser betrachten. Diese Zwischenräumchen sind entweder mit subtiler Luft angefüllt, oder mit einer andern Materie, welche noch subtiler als Luft ist. Nun sieht man leicht, daß, da die großen Zwischenräume mit solcher Luft erfüllt sind, wie der übrige Ort, wo die Körper gelegen, es darin nicht wärmer werden kann, als in der Luft, und daher auch diese Luft sich so verdünnen muß, wie die übrige. Deßwegen können dadurch die Körper weniger erwärmt werden. Die Erwärmung geschieht daher in den kleinen eigenthümlichen Körpern, und wird folglich größer, wo sie in einer größern Anzahl anzutreffen sind. Und auf solche Art ist es möglich, daß ein Körper von einer schwerern Art oder der dichter ist, eher merklicher warm wird, als der von leichterer Art, oder der nicht so dichte ist, obgleich beyde in einerley Wärme liegen. Es kann aber auch noch eine andere Ursache hinzukommen, um derer willen ein Körper von schwererer Art nicht so warm wird, als ein anderer von einer leichtern Art, ob sie gleich beyde in einerley Wärme liegen: wenn sie keine große Zwischenräume haben, aber der Eine mehr Wärmematerie in den feinen Räumchen in sich enthält, als der andere, welche durchs Eindringen der äußern Wärme rege gemacht wird. — Ich habe Wolf's Vorstellung von der Erwärmung der Körper vorzüglich deßwegen umständlich mitgetheilt, weil es noch heut zu Tage mechanische Physiker giebt, die sich ähnliche Vorstellungen davon machen. —

Ausserdem bemerkt Wolf, daß noch ein anderer Unterschied in der Erwärmung der Körper von der Farbe derselben herrührt. Dasjenige nämlich, was dunklere Farbe hat, wird wärmer, als was sehr helle Farben hat. So wird ein schwarz gefärbtes Ey in den Sonnenstrahlen eher erhitzt, als ein weißes; dunkles Tuch eher, als Tuch von hellern Farben u. d. gl. Die Ursache davon giebt er ganz richtig an. Er sagt, dasjenige, was helle Farben hat, wirft mehrere Strahlen zurück, was aber heller ist, nimmt mehrere in sich. Besonders wirft unter allen das Weiße am meisten Licht zurück.

Ueber die Entstehung der fühlbaren Wärme bey Vermischung verschiedener Flüssigkeiten mit einander, und bey gewissen Auflösungen fester Körper in flüssigen sind Wolf's Gedanken diese. Er nimmt, wie schon oben angeführt ist, eine eigene Wärmematerie an, welche in den kleinsten Zwischenräumchen der eigenthümlichen Materie enthalten ist, und zwar in der einen mehr als in der andern, indem nicht alle Materien gleich warm werden. Nun entstehe aber erst eine fühlbare Wärme, wenn diese Wärmematerie in Bewegung gesetzt werde, daher sey es gar kein Wunder, daß bey dergleichen Vermischnngen und Auflösungen Wärme erzeugt werde. Denn in allen diesen Fällen sey eine solche Bewegung vorhanden, wodurch die Wärmematerie sich in Bewegung setzen lasse. — Wolf erkannte also sehr wohl, daß sich diese Erscheinungen nicht befriedigend erklären ließen, wenn man nicht in den Körpern eine eigene Wärmematerie, welche im gewöhnlichen Zustande der Körper unbemerkbar ist, annahm, nur irrte er darin, daß er glaubte, sie würde erst durch Erschütterung der kleinsten körperlichen

lichen Theilchen rege oder empfindbar gemacht. Diese irrige Meynung hatte ihren Grund darin, daß man in diesem Zeitraume allgemein die Erregung der Wärme von der Reibung der kleinsten Theilchen ableitete. — Noch viel näher kam Wolf auf den Gedanken einer unmerkbar gewordenen oder latenten Wärme bey der Untersuchung solcher Auflösungen, welche keine Wärme, sondern vielmehr Kälte erzeugen, wie bey der Auflösung der Salze in Wasser, Schnee oder geschabtem Eise. Wenn z. B. Salpeter im Wasser aufgelöset werde, so, sagt er, gehe zum Theil die Wärme des Wassers in den aufgelöseten Salpeter über, mithin werde das Wasser kälter. Hiebey führt er aber nicht ausdrücklich an, daß die Wärme zur Auflösung des Salpeters verwendet und folglich unwirksam gemacht werde, sondern er glaubt vielmehr daraus zu schließen, daß der Salpeter kälter seyn müsse als das Wasser, weil die Wärme aus einem wärmern Körper in einen kältern übergehe. Aus dem Einwurfe, den sich Wolf gleich hierauf selbst machte, erhellet, daß er dem Begriffe einer latenten Wärme sehr nahe war. Er sagt nämlich, es sey wohl wahr, daß, da die Wärme ohne Bewegung nicht bestehen könne, man auch gedenken könnte, es werde durch das Salz, welches in die engen Räumchen des Wassers, die von der Materie des Wassers leer sind, eindringt, indem es aufgelöset wird, die Bewegung der darin befindlichen Wärme gehemmt; allein, fährt er fort, es sey nicht erweißlich, daß dieß geschehe; denn sonst müßte das Wasser so lange kalt bleiben, als der Salpeter darin ist; man findet aber, daß die Kälte abnimmt, wenn es eine Weile in der Luft steht. Nun sey wohl wahr, daß alsdann neue Wärme von außen eindringe; allein wenn der Salpeter die Bewegung hemme, weil er

er die Zwischenräumchen ausfülle, so könnte auch für die neue Wärme kein Raum da seyn, sich zu bewegen. Man sieht leicht, daß der Irrthum, in welchen Wolf verfiel, von der Vorstellung der Erregung der Wärme abhängt. Den nämlichen Fehler begeht er bey der Erklärung des bekannten Phänomens, da man durch Vermischung von Schnee und Salz Wasser im Glase gefrieren machen kann. Er meint nämlich, das Salz besitze noch weniger Wärme, als der Schnee oder das geschabte Eis; wenn daher beyde mit einander vermischt würden, so gienge die Wärme des Schnees in das Salz über, lösete ihn auf, und die Kälte des Schnees würde dadurch noch viel größer als zuvor. Dieß habe alsdann zur Folge, daß das Wasser im Glase der viel kälter gewordenen gemischten Masse Wärme mittheile, welche Masse durch diese zugeführte Wärme immer mehr aufthaue, bis zuletzt das Wasser im Glase selbst gefriere.

Nach Boyle haben auch besonders Hawksbée und s'Gravesande durch eigene Vorrichtungen es bestätigt gefunden, daß fühlbare Wärme durchs Reiben der Körper an einander im luftleeren Raume erzeugt werde, und zwar in weit kürzerer Zeit als in der atmosphärischen Luft.

Wirkung der Wärme.

Die erste und längst bekannte Wirkung der Wärme besteht in der Ausdehnung des Raums aller Körper. Bis hieher hatte man sich aber noch wenig darum bekümmert, nach welchen Gesetzen dieselbe bey verschiedenen Wärmegraden erfolge. Selbst in diesem Zeitraume richtete man noch keine große Sorgfalt darauf; man fieng nur erst an, auf diesen Gegenstand aufmerksamer zu seyn, und eben hiezu gaben theils die

die größere Vervollkommnung der Thermometer, theils die Pendeluhren, welche man besonders bey astronomischen Beobachtungen gebrauchte, Veranlassung. Es ist bereits angeführt worden, daß Halley der erste war, welcher die Ausdehnungen verschiedener Flüssigkeiten durch die Wärme etwas näher zu untersuchen anfieng, um zu erfahren, welche unter diesen zu Verfertigung der Thermometer am geschicktesten sey; allein seine Untersuchungen sind bey weitem noch nicht genau genug; erst in den neuern Zeiten hat man größere Sorgfalt darauf verwendet.

Beym Gebrauche der Pendeluhren zu astronomischen Beobachtungen hat man gar bald gefunden, daß die Pendelstangen sich im Winter geschwinder als im Sommer bewegen, so wie unterm Aequator langsamer als gegen die Pole hin, und daraus erkannt, daß sie von der Kälte kürzer, von der Wärme aber länger würden. Daher glaubte auch de la Hire, daß durch diesen Umstand die Pendeluhren nie einen hohen Grad der Vollkommenheit erreichen könnten. Die Beobachtung, daß man unterm Aequator die Pendellängen verkürzen müsse, wenn sie gleichzeitig mit den gegen die nördlichen Gegenden hin schwingen sollen, hatte Newton als einen vorzüglichen Beweis von der an den Polen abgeplatteten Gestalt der Erde angesehen, und zugleich gezeigt, daß die Sonnenwärme unterm Aequator bey weitem nicht hinreichend sey, diese Beobachtung zu erklären. Gleichwol hielten die französischen Gelehrten die Wärme für stark genug, und beriefen sich auf die Erfahrungen, welche Picard und de la Hire wahrgenommen hatten (Th. II. S. 567.). Sie dachten aber nicht daran, genauere Versuche über die Ausdehnungen der festen Körper durch

die

die Wärme anzustellen, und hielten überhaupt diesen Umstand für zu gering, um einen solchen an sich äußerst wichtigen Gegenstand näher zu untersuchen. Auch hierüber wurden in der Folge genauere Versuche angestellt.

Eine andere Wirkung der Wärme, welche in der Verdunstung der flüssigen und vieler festen Körper besteht, war ebenfalls eine längst bekannte Sache. Besonders aber hat die Ausdünstung des Wassers die Physiker beständig am meisten beschäftigt. Schon Aristoteles schrieb die Entstehung der Dünste dem Stoße der Feuertheilchen zu, und hierin sind ihm verschiedene andere gefolgt. Dagegen glaubt s'Gravesande [t]), daß der Stoß allein zwar nicht zureiche, aber die Wassertheilchen würden durch die Wirkung der Wärme verdünnt, und specifisch leichter gemacht, so daß sie den hydrostatischen Gesetzen gemäs so hoch aufstiegen, bis sie eine Luftschicht von gleicher specifischen Leichtigkeit anträfen. — Allein wenn man überlegt, daß das Wasser im gewöhnlichen Zustande auf 800mal schwerer als die Luft ist, und daß gleichwol das Eis sehr stark, selbst stärker als Wasser, ausdunstet, so wird diese Erklärung unwahrscheinlich, da ein sehr geringer Wärmegrad eine 800mal größere specifische Leichtigkeit bewirken müßte.

Viele andere Physiker nahmen, um die Entstehung und das Aufsteigen der Dünste zu erklären, in diesem Zeitraume an, daß die im Wasser enthaltene Luft, oder auch die Wärme selbst aus dem Wasser kleine Bläschen bilde, in welchen eine sehr verdünnte Luft, oder eine andere äußerst feine und leichte Materie

t) Elementa physic. §. 2543.

rie mit einer dünnen Wasserhaut überzogen sey. Durch solche Bläschen suchte Halley [u]) die Phänomene der Ausdünstung zu erklären. Chovin [x]) und Leibnitz [y]) nahmen ebenfalls solche Bläschen an, und letzterer berechnete, wenn die im Bläschen eingeschlossene Luft zehnmal dünner als die äußere Luft sey, daß alsdann ein mit der äußern Luft im Gleichgewichte stehendes Wasserbläschen 888mal größer seyn müsse, als der Raum, den seine Wasserhaut allein einnehmen würde. Auch zeigte Derham [z]) schon, wie man die Figur der Dünste zu sehen bekommen könne. Man läßt nämlich in ein verfinstertes Zimmer durch eine sehr kleine Oefnung das Sonnenlicht hineinfallen. Unter dieses Licht stellt man einen kleinen Kessel mit siedendem Wasser, aus welchem der Wasserdampf aufsteigt, und durch den Sonnenstrahl geht. Indem nun die Dünste von dem Lichte stark erleuchtet werden, betrachtet man sie durch ein Vergrößerungsglas, und kann gar genau sehen, daß sie nichts anders als Bläschen sind, der Größe nach gar sehr von einander unterschieden, ungeachtet sie dem bloßen Auge von gleicher Größe zu seyn scheinen. Wolf [a]) fügt noch hinzu, daß man die aufsteigenden Dämpfe rund und weiß erblicke, wenn man eine Tasse heißen Coffee an die Sonne stelle, und nach der Seite auf die obere Fläche sehe. Wenn man, sagt er, setzt, daß ein solches

u) Philos. Transact. n. 192.

x) Nova circa vapores hypotheses in Miscell. Berolin. T. I. p. 120.

y) De elevatione vaporum et de corporibus, quae ob inclusam cavitatem in aere natare possint. Miscell. Berolin. T. I. p. 123.

z) Physico-Theology. lib. II. cap. V. n. 2.

a) Nützliche Versuche. Th. I. Cap. VI. §. 84.

ches Bläschen im Diameter nur 10mal so groß ist, als das Tröpschen, daraus es entstanden, so nimmt es 1000mal so viel Raum ein als vorher, und verhält sich die Art der Schwere des Bläschens zu der Schwere des Wassers wie 1 zu 1000. Da nun die Schwere der Luft $\frac{1}{800}$ der Schwere des Wassers ist, so sind allerdings die Dünste leichter als die Luft, und zwar gar merklich leichter als die untere, mithin können sie auch leichter seyn als die obere.

Newton [b]) hingegen sucht die Erzeugung und das Aufsteigen der Dünste durch die zurückstoßende Kraft der Wärme zu erklären. Seiner Meynung nach sind die Theilchen der flüssigen Körper so klein und unter einander so gering zusammenhangend, daß sie durch die Zurückstoßung einer gelinden Wärme verdünnt und flüchtig gemacht werden, da im Gegentheil die gröbern Theile der dichtern Körper, die unter sich stärker zusammenhangen, eine weit größere zurückstoßende Kraft der Wärme erfordern, ehe sie verflüchtiget werden. Da nun nach ihm die Theilchen einer wahren und bleibenden Luft aus gröbern Theilen der dichtern Körper erzeugt werden, als die Theilchen der Dämpfe, so sey es ganz leicht zu begreifen, daß die wahre Luft bey sonst übrigens gleichen Umständen ein größeres Gewicht besitze, als die Dünste, und daher die feuchte Atmosphäre viel leichter sey, als die trockene.

Man war sonst der Meynung, daß sich die Dämpfe durch die Windkugel (Dampfkugel) in wirkliche Luft verwandelten. Diese Meynung wurde aber besonders durch den Herrn von Wolf [c]) gründlich widerlegt. Er brachte nämlich an die Oefnung der Dampf-

b) Optice. quaest. XXXI.

c) Nützliche Versuche. Th. I. Cap. VII.

Dampfkugel, wo der herausgehende Dampf noch dichte bey einander ist, ein gläsernes cylindrisches Gefäß, um den Dampf hinein gehen zu lassen; hier fand er, daß das Glas inwendig überall naß wurde, und endlich unten sich Wasser ansammlete. Um aber noch besser zu zeigen, daß flüssige Materien in Dampfkugeln nur in Dünste aufgelöset werden, keinesweges aber in wahre Luft übergehen, lösete er Kampfer in Weingeist auf, und füllte mit dieser Auflösung die Dampfkugel. Die Dämpfe dieser Auflösung verdichteten sich in kälterer Luft wieder zu eben demselben Weingeist mit Beybehaltung des Kampfergeruchs und Geschmacks, ja an einigen Orten legte sich der Kampfer an. Ueberdieß ließ sich der ganze Kampferstrahl entzünden, wenn er ihn durch die Flamme eines Lichts gehen ließ, wobey er aber den Docht nicht treffen durfte, weil der Strahl sonst das Licht ausblies.

Wirkung eingeschlossener Dämpfe.

Robert Boyle d) gab einige Versuche an, wodurch er in verschlossenen Gefäßen im heißen Wasser Fleisch und selbst Knochen in kurzer Zeit weich machen konnte; er beschreibt aber nicht die dazu nöthigen Instrumente und ihren Gebrauch. Vermuthlich gehört die ganze Vorrichtung, welche zu dieser Absicht gebraucht wurde, dem Dionysius Papin zu, der sich damals in England aufhielt, größtentheils die physisch-mechanischen Experimente machte und beschrieb, welche in der zweyten Fortsetzung von Boyle's Versuchen enthalten sind. Nicht lange darnach be-

d) Experiment. physico-mechanicor. contin. 2da. artic. 19. exp. 4, 5, 6.

beschrieb auch Papin [e]) seinen sogenannten Digestor, um dadurch Säfte thierischer und vegetabilischer Substanzen auf eine leichte und wohlfeile Art auszuziehen, und besonders harte Körper, als Knochen, harte Hölzer u. s. w., welche bey der gewöhnlichen Siedhitze im Wasser gar nicht angegriffen werden, im heißen Wasser zu erweichen und aufzulösen. Zu dieser Absicht giebt er sechs verschiedene Einrichtungen an. Das wesentliche besteht aus einem hohlen cylindrischen inwendig verzinnten kupfernen Gefäße, das durch einen Deckel mit um den Rand gelegter Pappe mittelst einer starken eisernen Schraube sehr fest und genau verschlossen werden kann.

Ein Jahr darauf erschien von Papins Schrift eine französische Uebersetzung [f]), in welcher der Herausgeber einige Abänderungen an Papins angegebenen Einrichtungen machte, um sie zu der bestimmten Absicht mit größerer Bequemlichkeit und mit weniger Gefahr des Zersprengens zu gebrauchen.

Einige Jahre darauf verbesserte selbst Papin in einer Fortsetzung [g]) seinen Digestor, und zeigte zugleich mit mehreren die Vortheile, die man durch seinen Gebrauch in mancherley Rücksicht erhalten könne. Uebrigens leitet er den Grund von der erstaunenden Wir-

e) A new Digestor or Engine, for softaing Bones, containing the description of its Make and Vse in Cookery, Voyages et Sea, Confectionary, Making of Drinks, Chymistry and Dying etc. Lond. 1681. 4.

f) La manière d'amolir les os et de faire cuire toutes sortes de viandes en fort peu de temps et à peu de frais. à Paris 1682. 12.

g) A continuation of the new Digestor of Bones etc. Lond. 1687. 4.

Wirkung dieser Maschine aus der überaus großen Expansion der eingeschlossenen Luft und der erzeugten Wasserdämpfe ab.

Wenn nämlich Wasser in offenen Gefäßen erhitzt wird, so nimmt es nur einen gewissen bestimmten Grad der Temperatur an; denn die mehr erhitzten Theile werden alsdann in Dämpfe verwandelt, wodurch das Sieden des Wassers entsteht. Wird hingegen das Wasser in fest verschlossenen Gefäßen erhitzt, so können die darin erzeugten Dämpfe nicht ausweichen, wirken also selbst auf das Wasser zurück, und verursachen, daß ein weit größerer Grad der Hitze angewendet werden muß, um das Wasser im Sieden zu erhalten. Wegen der dadurch ungemein zunehmenden Expansion der entstehenden Dämpfe erhellet, daß die Wände solcher Gefäße stark genug seyn müssen, um mit Gefahr der Umstehenden nicht zu zerspringen. Dadurch erhält man also ein Mittel, die härtesten Körper in kurzer Zeit zu erweichen, und besonders aus thierischen Körpern kräftige Brühen und Gallerte zu bereiten.

Wie erstaunend groß die Wirkung der eingeschlossenen Wasserdämpfe ist, ergab sich besonders noch aus der Erfindung der so genannten Dampfmaschine. Nachdem man anfieng, den Bergbau mit größerem Eifer zu betreiben, so verfiel man gar bald auf den Gedanken, durch die Elasticität des Wasserdampfes hydraulische Maschinen, besonders an denjenigen Orten, wo die dazu nöthige Feuerung leicht und wohlfeil zu haben ist, in die gehörige Bewegung zu setzen.

Der Gedanke, Wasser durch die Kraft des Feuers zu heben, findet sich schon in dem 16ten Jahrhunderte. So führt ein gewisser Prediger, Nahmens Ma-

thesius [h]) einen guten Mann an, welcher jetzt Berg und Wasser mit dem Wind auf der Platten anrichte zu heben, wie man jetzt auch, doch am Tage, Wasser mit Feuer heben solle. Die erste Dampfmaschine aber findet man in einer kleinen Schrift des Marquis von Worcester [i]) beschrieben. Sie ist in der Liste die 68ste. Nach der Erzählung des Desaguliers [k]) soll der Capitain Thomas Savery, welcher die Dampfmaschinen zuerst ausführte, den Gedanken hieraus entlehnt, und alle Exemplare, deren er habhaft werden konnte, aufgekauft und in Gegenwart eines Freundes, von welchem es eben Desaguliers erfahren haben wollte, verbrannt haben. Savery machte diese Erfindung der königlichen Societät zu London im Jahre 1699 bekannt [l]), und beschrieb sie außerdem vollständiger in einer eigenen Schrift [m]). Hier führt er an, daß er auf diese Erfindung zufälliger Weise gekommen sey; er habe nämlich eine Bouteille Wein in einem Wirthshause getrunken, und sie leer ans Feuer gestellt; als er nun gesehen, daß der noch wenige zurückgebliebene Wein durch das Feuer in Dampf übergegangen sey, so habe er sie oben beym Halse ergriffen, und die Mündung derselben unter die Oberfläche des Wassers, welches er sich indeß

h) Sarepta oder Bergpostille. Nürnb. 1562. fol. zwölfte Predigt. Freyb. 1679 4.

i) A century of the names and scantlings of such inventions as at present I can all to mind cet. Glasgow. 1655. ein Nachdruck davon im Jahre 1667.

k) Course of experimental philosophy. T. II. S. 465.

l) An engine for raising Water by the helpe of fire. Philos. Trans. n. 253. p. 228.

m) The miners friend. 1699.

indessen, um die Hände damit zu waschen, habe kommen lassen, gehalten, worauf es sogleich in der Bouteille in die Höhe gestiegen sey. Diese Erzählung nennt Desaguliers ein bloß erdichtetes Vorgeben, um die Leichtgläubigen zu überreden. Es sey aber hiemit wie ihm wolle, so gebührt doch unstreitig dem Savery die Ehre der ersten Ausführung der Dampfmaschinen. Aus den philosoph. Transaktionen wurde eine Abbildung ohne weitere Erklärung von Savery's Dampfmaschine in den Leipz. Actis eruditor. vom Jahre 1700 (p. 29.) mitgetheilt, aus welchen auch Leupold [n]) eine Zeichnung und Beschreibung bekannt machte. Sie wurde aber erst am deutlichsten, genauesten, und vollständigsten von Weidlern [o]) beschrieben. Dieser entlehnte seine Zeichnung und Beschreibung aus J. Harris technischem Lexicon.

Die Einrichtung dieser Maschine bestand aus einem Saug- und Druckwerke zugleich, worin vermittelst Oefnung und Schließung der Hähne der Dampf in Gefäße gelassen wird, welche mit dem Druck- und Saugwerke verbunden sind. Der Dampf treibt das Wasser unmittelbar in die Höhe, und wird durch Berührung mit dem Wasser verdichtet, worauf der Druck der Atmosphäre von neuem Wasser aus der Tiefe in die Saugröhre treibt. Daß diese Maschine noch viele Mängel besitzt, haben schon Desaguliers und besonders Weidler bemerkt.

Um eben diese Zeit, als Savery in England sich mit der Dampfmaschine beschäftigte, war Dionysius

n) Theatr. machin. generale Tab. LII.

o) Tractat. de machinis hydraulicis tota terrarum orbe maximis Marlyensi et Londinensi. Vitemb. 1728. 4. p. 84. Tab. V.

nysius Papin, damals Prof. der Mathematik zu Marburg, auf ähnliche Gedanken gekommen, ohne, wie er sagt, von der Saveryschen Einrichtung etwas gewußt zu haben. Diese seine Erfindung machte er doch erst acht Jahr später, als Savery die seinige, in einer eigenen Schrift bekannt [p]). Er bemerkt, daß er sich auf Befehl des Landgrafen Carl schon seit dem Jahre 1689 mit vielen Versuchen, um mit Hülfe des Feuers das Wasser zu erheben, beschäftiget, und sie auch mehreren, unter andern Leibnitzen, mitgetheilt habe. Letzterer habe ihm geantwortet, daß er auch bereits einen ähnlichen Gedanken gehabt habe. Papin fügt noch bey, daß er das, was er anführe, nicht etwa in der Absicht sage, um etwa Herrn Savery die Ehre der Erfindung streitig zu machen. Er zweifele gar nicht, daß er den Gedanken dazu eben so gut gehabt haben könne als andere, ohne ihn wo anders her entlehnt zu haben; er wolle damit nur sagen, daß der Herr Landgraf der erste gewesen sey, der ein so nützliches Unternehmen, Wasser durch Dämpfe zu heben, entwarf. Die Arbeit wäre schon lange unterbrochen gewesen, und würde vielleicht ganz vergessen worden seyn, wenn ihm nicht der Herr von Leibnitz in einem Schreiben vom 5ten Januar 1705 ersucht hätte, ihm seine Gedanken über die Maschine des Herrn Savery mitzutheilen, von welcher er ihm die zu London erschienene Zeichnung überschickt habe. Obgleich die Einrichtung derselben von der ihrigen verschieden gewesen wäre, und er die Erklärung der Zeichnung nicht gehabt hätte, so habe er doch gleich gesehen, daß die englische mit der Casselschen auf einerley

p) Ars nova ad aquam ignis adminiculo efficacissime elevandam. Franc. ad Moen. 1707. 8.

ley Grunde beruhe. Nach der Zeit habe auch der Landgraf den Entwurf, diese Erfindung weiter auszuführen, wieder vornehmen lassen. Uebrigens könne er versichern, daß es viele Zeit, Arbeit und vielen Aufwand gekostet habe, um die Sache zu der Vollkommenheit zu bringen, wo sie jetzt sey; es würde aber zu weitläuftig seyn, alle unvorhergesehene Schwierigkeiten, die sich dabey gefunden hätten, und alle Versuche, welche ganz auf die entgegengesetzte Art, als man hätte erwarten sollen, ausgeschlagen wären, umständlich anzuführen; er begnüge sich bloß zu zeigen, daß die gegenwärtige Maschine, vor der vorigen und der Saveryschen Vorzüge habe, u. s. w.

Papin's Maschine ist nicht wie die Saverysche ein vereinigtes Saug- und Druckwerk. Sie unterscheidet sich von dieser wesentlich dadurch, daß die Wasserdämpfe nicht unmittelbar, sondern durch einen Kolben in einem Druckwerke in eine Art von Windkessel das Wasser empordrucken, woraus es durch den Druck der Luft weiter getrieben wird. Der Wasserkessel dieser Maschine, welchen Papin die Retorte nennt, liegt in einem Reverberierofen, damit die Wasserdämpfe einen sehr hohen Grad der Elasticität erreichen, die auch noch durch ein in dem Stiefel wiederholt angebrachtes glühendes Eisen vermehrt werden soll.

Papin führt übrigens nicht an, auf welche Höhe diese seine Maschine das Wasser habe erheben können, und wie groß ihre Wirkung und Geschwindigkeit gewesen. Es ist zu vermuthen, daß sie alle Mängel der ältern Saveryschen Maschine besaß, und überdem weit wandelbarer und sehr gefahrvoll war. So führt Weidler an, es sey ihm bekannt, daß bey einem mit der Maschine zu Cassel angestellten Versu-

che der Kessel mit der größten Gefahr für die Umstehenden gesprungen sey.

Um eben diese Zeit beschäftigte sich auch Amontons [q]) in Frankreich mit Versuchen, Wasser mittelst der Kraft des Feuers zu heben. Allein sein Vorschlag geht nicht so wol dahin, die Expansion der Wasserdämpfe, als vielmehr die durchs Feuer verstärkte Elasticität der eingeschlossenen Luft zu diesem Zwecke zu gebrauchen, und überhaupt hat seine ganze angegebene Einrichtung gar keine Aehnlichkeit mit den Dampfmaschinen, und gehört daher eigentlich gar nicht hieher. Sie ist auch nie zur Ausführung gebracht worden.

Die Mängel, welche man sehr bald an der Saveryschen Dampfmaschine wahrnahm, suchte man in England durch mancherley Veränderungen wegzuschaffen. Nach Desaguliers sollen vorzüglich wesentliche Abänderungen an der Dampfmaschine, Newcomen, ein gewisser Eisenhändler, und John Cawley, ein Glaser aus Dortmouth, beyde Wiedertäufer, gemacht haben, so daß ihre Einrichtung als eine ganz neue Erfindung zu betrachten ist. Desaguliers sagt, wenn man die künstliche Einrichtung der Maschine und ihrer Steurung sieht, und mit der Geschichte ihrer Verbesserungen unbekannt ist, so sollte man glauben, daß man einem sehr großen Scharfsinne und einer vollkommenen Kenntniß der Physik alle die Mittel zu verdanken habe, durch welche man den mannichfaltigen Mängeln und Schwierigkeiten bey ihrem Gange abgeholfen hat; und doch verhält es sich nicht so, sondern fast jede dieser Entdeckungen dabey ist Sache des Zufalls gewesen.

Die-

q) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1699.

Diese beyden Männer stellten anfänglich Versuche im Kleinen an, und da sie endlich im Jahre 1711 so glücklich waren, eine Maschine mit einem Kolben zu Stande zu bringen, so thaten sie den Vorschlag, das Grubenwasser in den Kohlenminen zu Grif in Warwickshire dadurch zu heben. Da sie aber hier keinen Beyfall fanden, so gelang es ihnen endlich doch im Jahre 1712, durch Unterstützung des Herrn Potter von Bomsgrave, in Worcestershire für Herrn Back zu Walvershampton nach mühsamen Versuchen eine Maschine in gehörigen Gang zu bringen. Ob sie aber gleich, sagt Desaguliers, weder Physiker waren, um die Ursache der Bewegung einzusehen, noch Mathematiker, um die Kräfte berechnen, und darnach den Bau der Maschine bestimmen zu können, so fanden sie doch glücklicher Weise durch Zufall dasjenige, was sie suchten. In Ansehung der Pumpen waren sie in großer Verlegenheit; da sie sich aber in der Nähe von Birmingham befanden, und die Unterstützung und Beyhülfe so vieler Künstler hatten, so lernten sie bald die Art, die Ventile, Klappen und Kolben zu machen, wovon sie vorher nur eine unvollkommene Kenntniß besaßen. Anfänglich wunderten sie sich sehr, als sie ihre Maschine in Gang brachten, daß sie mehrere Hub mit großer Geschwindigkeit that. Bey genauer Nachforschung aber fanden sie ein Loch im Kolben, durch welches das kalte Wasser, welches oben auf den Stempel zur bessern Schließung der Liederung gegossen wird, inwendig in den Cylinder drang, und die Dämpfe condensirte, da sie selbige vorher außer dem Cylinder condensirt hatten. Ihre Maschine, welche nur 6, 8 bis 10 Hub in einer Minute machte, ward durch Verbesserung eines jungen Potier von Humphry, welcher die Maschine besorgte, dahin ge-

bracht, daß sie 15 bis 16 Hub in einer Minute machte. Heinrich Beigthon verbesserte die Steurung noch mehr, und baute 1717 eine Maschine zu Newcastle, an welcher er auch das von Desaguliers vorgeschlagene Sicherheitsventil anbrachte. Die Liederung des Kolbens mit Leder führte man 1713 aus, bis man nachher die noch vollkommnere mit Hanfe fand. Um die größere Vervollkommnung der Dampfmaschine hat überhaupt Desaguliers viele Verdienste. Die Maschine, welche für die Kohlenbergwerke zu Grif angelegt wurde, und welche Desaguliers beschrieben hat, förderte so viel Wasser, als vorher 50 Pferde gethan hatten. Alle Unkosten bey der Maschine an Kohlen, Reparaturen und andern Dingen beliefen sich jährlich auf 150 Pfund, da man vorher wenigstens 900 Pfund gebraucht hatte.

Im Jahre 1719 errichtete man eine große Dampfmaschine nach der vollkommnern Art zu London im York Building an dem Ufer der Themse, um Wasser aus der Themse in die Stadt zu leiten.

Von dieser Dampfmaschine kam im Jahre 1726 eine eigene Beschreibung und Zeichnung zu London heraus [r]), welche Weidler [s]) im Original und in einer lateinischen Uebersetzung mittheilte, wo er zugleich noch mehrere Erläuterungen, nähere Bestimmungen und lehrreiche Bemerkungen beyfügt. Er nennt sie die verbesserte englische Dampfmaschine, und unterscheidet sie genau von der Saveryschen oder ältern. Gleichwol beschreiben sie neuere Schriftsteller, wie Beli-

r) A description of the Engine for raising Water by Fire.

s) l. c. p. 57. sqq. Tab. III. fig. 17. u. Tab. IV. fig. 18.

Belidor, Bossut, Langsdorff unter dem Nahmen der Saverschen Dampfmaschine, obgleich auch schon Desaguliers sie beyde von einander unterscheidet. Er beschreibt diese Art der Dampfmaschinen mit großer Genauigkeit, und besonders ihre Steurung mit vieler Ausführlichkeit.

Bey dieser Maschine ist die ganze bewegende Kraft bloß der Druck der Atmosphäre gegen den Kolben, unter welchem durch Vernichtung der Expansibilität der vorher hinein gelassenen Wasserdämpfe ein Vacuum hervorgebracht wird. Vermittelst dieses Drucks der Atmosphäre wird der Kolben im Cylinder nieder bewegt, die Kolbenstange zieht den einen Arm des Wagebaums oder Balancier's nieder, und erhebt dadurch den andern Arm, an welchem die Last angebracht ist, oder woran die Pumpenstangen der Saugpumpen hangen, die das Wasser erheben. Bey dieser Maschine dienen also die Wasserdämpfe zu weiter nichts, als daß sie durch ihre Verdichtung ein Vacuum zuwege bringen, damit sodann die eigentliche bewegende Kraft der Maschine, der Druck der Atmosphäre, wirksam werden könne. Es scheint zwar, als ob die wieder unter dem Kolben des Cylinders tretenden Dämpfe die Erhebung desselben unmittelbar bewirkten; allein die Ueberwucht des jenseitigen Arms vom Wagebaum ist hiezu schon hinreichend. Auch ist es ungegründet, daß beym Aufsteigen des Kolbens der Druck der Atmosphäre auf die Oberfläche desselben überwunden werden müsse; denn dieser hat gar nicht mehr statt, oder vielmehr, er ist nicht mehr einseitig, sobald unter dem Kolben ein eben so elastisches Fluidum, als die atmosphärische Luft, nachfolgen kann. Dabey ist aber der Vortheil, daß die Hitze des im Kessel eingeschlossenen Was-

Wassers und also die Wasserdämpfe nicht höher oder nicht viel höher zu seyn braucht, als 212 Grade Fahrenh. Denn bey diesem Wärmegrade haben sie eine mit der atmosphärischen Luft gleiche Elasticität. Durch Vergrößerung des Durchmessers des großen Cylinders und also seines Kolbens hatte man es in seiner Gewalt, die bewegende Kraft zu verstärken, ohne daß deßwegen die Hitze der Dämpfe größer zu werden brauchte. Bey der Saveryschen Maschine konnte man nur durch Vermehrung der Hitze der Dämpfe die bewegende Kraft, welche das Wasser in dem Steigrohre in die Höhe druckte, verstärken, wie es auch Papin bey seiner Maschine zu thun versuchte. Ihr großer Vorzug vor der Saveryschen Maschine bestand darin, daß sie mit der nämlichen Feurung mehr Wirkung that, daß sie mit Pumpen in Verbindung gesetzt war, die aus sehr ansehnlichen Tiefen das Wasser heben konnten, daß sie eben deßwegen nicht in der Tiefe der Schachte angelegt zu werden brauchte, und endlich, daß sie sich selbst regierte, und durch einen sehr sinnreich angebrachten Mechanismus beym Spiel der Maschine sich die Schieber und Klappen selbst öffnete und schloß.

Die zu London erbauete Maschine dieser Art, von welcher Weidler eine Beschreibung in Deutschland bekannt machte, hatte einen bronzenen Cylinder von 30 engl. Zollen im innern Durchmesser; seine Höhe war 9 Fuß; die Dicke seiner Wände $\frac{1}{2}$ Zoll, die Breite des Kessels 8 bis 9 Fuß, die Höhe 6 Fuß, die Dicke $\frac{1}{2}$ Zoll. Der Druck der Luft auf den Kolben des Cylinders, als die bewegende Kraft, betrug nach Weidlern nahe an 9600 Pfund, wobey aber irrig vorausgesetzt ist, daß unter dem Kolben ein völliges Vacuum entstehe. Die Bewegung der Kolben in zwey Pumpen-

penröhren war 7 Fuß Höhe 10mal in einer Minute. Sie förderte jede Minute 2880 Paris. Kannen Wasser oder 10 Tonnen, und in 24 Stunden 14400 Tonnen.

Während dieser ganz neuen Einrichtung der Dampfmaschinen hatte auch Desaguliers die alte oder Saverysche Dampfmaschine zu verbessern, und dadurch zu vereinfachen gesucht, daß er nur Einen Recipienten statt zweyer anbrachte. s'Gravesande half ihm bey der Vorrichtung derselben. Desaguliers sagt, daß er seit 1717 sieben Maschinen dieser Art habe verfertigen lassen. Die erste war für den Czaar Peter den Ersten, der sie in seinem Garten zu Petersburg aufstellen ließ. Der Kessel der Maschine war sphärisch, enthielt 5 bis 6 Tonnen. Der Recipient war einfach. Sie füllte und leerte sich in einer Minute 4mal aus. Das Wasser stieg in den Saugröhren durch den Druck der Luft 29 Fuß hoch, und in dem Steigrohre durch den Druck der Dämpfe 11 Fuß. Eine andere Maschine dieser Art hob das Wasser im Saugrohre auch 29 Fuß, und im Steigrohre 24 Fuß. Durch diese Maschine wurde späterhin ein Mensch getödtet, welcher, ohne ihre Einrichtung zu kennen, sie arbeiten ließ, das Sicherheitsventil stärker schloß, um den Dämpfen mehr Elasticität zu geben, die aber dadurch so stark wurde, daß sie den Kessel mit Gewalt zersprengte.

Auch führt Desaguliers noch an, daß Savery eine Maschine für einen Herrn Ball zu Kensington gemacht habe, woran ebenfalls nur Ein Recipient gewesen, und die recht gut gegangen sey.

Eine andere der Saveryschen ähnliche Dampfmaschine, jedoch einfacher und bequemer, brachte

Bos-

Bosfrand zu Stande. Sie war in der That bloß eine Verbesserung der Saveryschen, und auch ohne Kolben und Pumpenstangen. Weidler beschreibt sie a. a. O. p. 78. Tab. III. fig. 19. Unerachtet ihrer weit größern Einfachheit hat sie doch die Hauptmängel der Saveryschen, und Bosfrand gestand Weidlern selbst, daß sie weit weniger leiste, als die damals schon verbesserten und nicht längst erwähnten englischen Dampfmaschinen.

Es ist wohl natürlich, daß die Dampfmaschinen, besonders in ihrem verbesserten Zustande, wegen ihrer außerordentlichen Wirkung, und ihrer weit geringern Kosten als andere hydraulische Maschinen, allgemeinen Beyfall fanden. Daher legte man auch bald außer England dergleichen Maschinen an. Fast alle aber wurden entweder von den Engländern an Ort und Stelle verfertigt, oder in England gearbeitet, und alsdann versandt. Doch soll die erste in Deutschland von einem Deutschen, dem kaiserlichen Rath und Baumeister, Joseph Emanuel Fischer, Baron von Erlachen im Jahre 1722 für den Landgrafen von Hessen zu Cassel erbauet worden seyn; durch welchen auch der Fürst Franz Adam von Schwarzenberg in seinem Garten zu Wien eine kleinere dieser Art errichten ließ, um das Wasser zu den Springbrunnen zu erheben [t]).

Im Jahre 1723 wurde eine solche Maschine von Potter aus Königsberg in Ungarn angelegt, um die Wasser aus den Gruben zu fördern. Diese Maschine ist

t) S. Das merkwürdige Wien, oder monatliche Unterredungen von verschiedenen daselbst Merkwürdigkeiten der Natur und Kunst. Febr. 1727. S. 74. ingl. Weidler a. a. O. p. 91.

ist von Leupold u), wiewol sehr unvollständig, beschrieben worden. Sie brauchte täglich drey Klafter Holz, und hob alle 24 Stunden 20000 Eimer Wasser aus einer Tiefe von 30 Lachtern. Später hin meldete davon der erwähnte Baron Fischer von Erlachen unterm 23. Jan. 1725: "was unsere Feuer„maschine anlangt, so brennt solche drey Klaftern „Holz des Tages, und hat eine Kraft von 25 Satz „Röhren, jede von 6 Zoll im Diameter, und 4 Klaf„tern lang zu heben oder zu regieren, mit einer Ge„schwindigkeit, daß wenigstens 14 Hub, jeder von „6 Schuh hoch, in einer Minute geschehen." — Der Ruf, welchen sich diese Dampfmaschine erwarb, war Ursache, daß man in Deutschland die Maschinen dieser Art auch Pottersche nannte.

Um eben diese Zeit erbaueten einige Engländer eine der Londner ähnliche Dampfmaschine zu Passy bey Paris. Ihre Abmessungen kamen mit der letztern überein, nur war der Cylinder von Eisen. Eine kleinere für die Stadt Toledo in Spanien wurde zu London verfertigt, nach welcher daselbst eine größere angelegt werden sollte. Im Jahre 1726 erbauete man in London neben der erstern eine andere.

Auch wurde eine Maschine dieser Art ebenfalls von Engländern in Frankreich zu Fresnes bey Condé angelegt, um die Grubenwasser der daselbst befindlichen Steinkohlenbergwerke zu fördern. Belidor x) beschreibt sie sehr genau und vollständig nach allen ihren Theilen. Die Haupttheile dieser Maschine sind folgende:

Der

u) Theatr. machinar. hydraul. T. II. §. 202. Tab. XLIV.

x) Architecture hydraulique T. II. p. 311. sqq. Plat. I et II.

Der Hebelbaum oder Balancier ist an dem einen Ende mit den Saugpumpen, welche das Wasser erheben sollen, am andern mit einem Kolben verbunden, welcher in einen Stiefel auf und nieder sich bewegt. Dieser Stiefel steht mit einem großen kupfernen Kessel oder Helme in Verbindung; beyde sind wohl verschlossen, so daß keine äußere Luft hereindringen kann; der Kessel steht über einen Ofen, dessen Feuer die Maschine treibt. Das im Kessel kochende Wasser wird in Dämpfe verwandelt, die in den Stiefel aufsteigen, und den leeren Raum einnehmen, welcher durch das Aufsteigen des Kolbens verursacht wird. Der Kolben selbst erhebt sich durch das Uebergewicht des Hebelbaums, welcher an der Seite, wo die Pumpenstangen hängen, stärker belastet ist. Sobald der Kolben seine höchste Stelle erreicht hat, schiebt die Maschine vermittelst einer am Hebelbaume hangenden Stange einen Deckel oder Schieber, den so genannten Regulator, vor die untere Oeffnung der Röhre, welche den Stiefel mit dem Kessel verbindet, so daß weiter keine Dämpfe aus dem Kessel in den Stiefel treten können. Eben diese Stange öfnet zugleich einen Hahn, wodurch eine Einspritzung von kaltem Wasser in den Cylinder veranlaßt wird. Dieses Wasser spritzt von unten auf gegen die untere Seite des Kolbens, fällt von derselben in Gestalt eines Regens zurück und condensirt die Wasserdämpfe wieder. Hierdurch entsteht ein leerer Raum, und die auf den Kolben druckende Atmosphäre treibt denselben wiederum auf den Boden des Stiefels zurück, zieht das mit dem Kolben verbundene Ende des Hebelbaums niederwärts, und erhebt dadurch das andere Ende mit den daran befindlichen Schachtstangen, welche die Kolben der Saugpumpen mit sich in die Höhe ziehen. Hiebey geht zugleich die am Baume her-

herabhangende Stange wiederum niederwärts, öfnet den Regulator aufs neue, und verschließt den Hahn, daß folglich die Einspritzung des kalten Wassers aufhört, und die Dämpfe aus dem Kessel wieder eintreten können, um den Kolben aufs neue in die Höhe zu treiben, und den Hebelbaum durch sein Uebergewicht auf der andern Seite niedersinken zu lassen. Auf solche Art hängt das Kolbenspiel der Maschine von der abwechselnden Wirkung der Dämpfe und des kalten Wassers, verbunden mit dem Drucke der atmosphärischen Luft ab.

Die Art, wie die am Hebelbaume herabhangende Stange, wenn sie weit genug heraufgegangen ist, den Regulator vorschiebt und den Hahn öfnet, und, wenn sie weit genug niedergesunken ist, gerade das Gegentheil bewirkt, beruht auf Kunstgriffen, welche in die Mechanik gehören. Der Hebelbaum bewegt zugleich ein Druckwerk, wodurch das Behältniß, aus welchem das in den Stiefel einspritzende Wasser herabkommt, stets mit neuem Wasser versehen wird.

Der Stiefel hatte im Innern 30 Paris. Zoll im Durchmesser, 9 Fuß Höhe und 18 Linien Dicke. Ordentlicher Weise war die Bewegung des Kolbens 15 mal in einer Minute; der Druck der Luft auf seine Oberfläche betrug 10828 Pfund, und man berechnete die ganze Last, welche diese bewegende Kraft zu überwältigen hatte, auf 9165 Pfund. Es ist aber beydes offenbar zu groß angegeben, weil dabey auch ganz unrichtig vorausgesetzt ist, daß ein reines Vacuum unter dem Kolben hervorgebracht werde. Die Wasserpumpen erhoben zusammen eine Wassersäule von 7 Zoll Durchmesser auf 46 Toisen oder 276 Fuß, die folglich 5165 Pfund wog. Vor der Einrichtung der

Dampfmaschine zu Fresnes hatte man daselbst durch 20 Menschen und 50 Pferde Tag und Nacht eine andere Maschine in Bewegung setzen müssen, um die Wasser zu fördern, da man nachher durch die Dampfmaschine binnen 48 Stunden alles Wasser einer ganzen Woche wegschaffen konnte, und nur zwey Menschen zur Regierung derselben nöthig waren. Der Ofen der Maschine verzehrte binnen 24 Stunden 2 Tonnen Steinkohlen, jede etwa von 14 Cubikfuß; oder 2 Klafter Holz, jede von 8 Fuß Länge, 4 Fuß Breite und eben der Höhe.

Nach der Zeit ist diese Maschine beträchtlich verbessert und vergrößert worden.

Thierische Wärme.

Verschiedene Chemiker hatten angenommen, daß die Wärme des Bluts ihren Grund in Effervescenzen oder Gährungen habe. Dagegen hatte man aber den Einwurf gemacht, daß man kein Aufbrausen des Bluts bemerke. Homberg[y]) suchte diesen Einwurf dadurch zu heben, daß er verschiedene Versuche mit flüchtigen Alkalien und Säuren angestellt hatte, welche nicht ohne Unterschied ein Aufbrausen in ihrer Vermischung hervorbrachten; es schien dieß erst bemerkbar zu werden, wenn ein freyer Zutritt der Luft statt fand. — Allein alle nachherige Beobachtungen haben hinreichend gelehrt, daß sich das Blut mit dem Nahrungssafte sehr ruhig, ohne alles Aufbrausen vermischen läßt.

Den weit glücklichern Gedanken, daß alle thierische Wärme durch die Wirkung der Luft beym Einathmen in den Lungen erzeugt, und von da aus durch die

y) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1709.

die Cirkulation des Bluts dem ganzen übrigen Körper mitgetheilt werde, äusserte bereits Stahl [z]), mit der Bemerkung, daß er ihm schon seit dem Jahre 1684 eigenthümlich zugehöre. Er wußte freylich noch nicht zu erklären, wie diese Wirkung erfolge, obgleich schon der englische Arzt J. Mayow [a]) im Jahre 1668 das Athemholen dadurch erklärte, daß die Lungen der Thiere aus der Luft einen darin befindlichen Stoff (nach ihm Salpeter) einsaugen, der in die Lebensgeister übergehe, und dem Blute Wärme mittheile. Nachher hat man auch die Beobachtung gemacht, daß alle warmblütige Thiere mit vollkommenen Lungen, und die Vögel, als die wärmsten, mit vorzüglich großen Lungen athmen, und daher weit mehr innere Wärme besitzen, als ihnen die Temperatur der umgebenden Luft mittheilen könnte; daß hingegen diejenigen Thiere, welchen die Lungen fehlen, nicht wärmer als die Mittel sind, worin sie leben; und daß überhaupt mit dem schnellen Athemholen auch eine größere innere Wärme hervorgebracht werde.

Drittes Kapitel.

Beobachtungen in der Lehre von den Gasarten.

Wren [b]) gab schon im Jahre 1664. ein Mittel an, das bey gährenden Flüssigkeiten sich entwickeln-

z) Theor. medica. p. 288.
a) Tract. duo, de respiratione prior, alter. de rhachitide. 8. Oxon. 1668.
b) Philosoph. Transact. n. 122.

wickelnde Gas aufzufangen; er schlug nämlich vor, eine Blase an den Hahn des Gefäßes zu befestigen, worin sich die gährende Flüssigkeit befindet. Ueberdieß hatte er auch wahrgenommen, daß dieses Gas nach und nach vom Wasser verschluckt werde. Hooke brachte diesen von Wren gemachten Vorschlag in Ausübung, indem er Scheidewasser auf Schaalthiere goß; die Blase schwoll bey diesem Versuche an, und zersprang endlich. — Schade, daß dieser Gedanke nicht weiter verfolgt wurde. —

Huygens und Papin c) stellten mit Weingeist, Salpetersäure und andern Substanzen, welche sie mit einander vermischten, verschiedene Versuche im luftleeren Raume an. Sie fanden, daß die Mischung von Salpetersäure und Weingeist, wenn sie im luftleeren Raume geschieht, mit starkem Aufbrausen begleitet ist, welches dagegen nur sehr schwach bemerkt ward, wenn diese beyden Materien in der atmosphärischen Luft mit einander vermischt wurden. Ueberhaupt fanden sie alle Aufbrausungen im luftleeren Raume stärker, als in der freyen Luft, ausgenommen die des lebendigen Kalkes mit Wasser, welche schwächer war. Dabey beobachteten sie, daß sich bey allen Aufbrausungen eine neue elastische Flüssigkeit entwickelte, welche von der atmosphärischen Luft verschieden ist, je nachdem sie aus dieser oder jener Mischung entsteht.

Mart. Lister d) erwähnt viererley Arten von Luft, welche man in Kohlengruben findet. Die erste ist die gemeine erstickende Luft; die andere ist nicht so gefährlich, und besitzt den Geruch von blühenden Schoten; die dritte ist in einem kugelförmigen Häutchen im Durch-

c) Philosoph Transact. n. 119.
d) Ibid. n. 117.

Durchmesser 1 Fuß groß eingeschlossen, und hängt oben am Dache des Stollen; wenn das Häutchen zerplatzt, so erstickt diese Luft alle diejenigen, welche davon ergriffen werden; die vierte endlich fängt bey Annäherung der Lichtflamme mit einem Knalle Feuer, und bringt die Wirkung des Blitzes hervor.

Auch Johann Bernoulli [e]) leitete das Aufbrausen der Säuren mit Laugensalzen von einer Luft her, welche jene aus diesen entbinden. Er giebt auch eine Methode an, sie aufzufangen, welche hier angeführt zu werden verdient. Man nimmt nämlich ein Gefäß (fig. 35.) acdb, welches bis zur Hälfte mit einer Säure angefüllt wird; hiernächst wird mit derselben Säure auch eine gläserne oben bey e zugeschmolzene Röhre gefüllt, in die Oeffnung g eine Kugel f, welche alkalische Theile enthält, z. B. Kreide, gebracht, diese Oeffnung mit dem Finger verschlossen, und so unter die Flüssigkeit im Gefäße gestellt. Nachdem nun der Finger von der Oeffnung g wieder weggezogen werden, so wird ein starkes Aufbrausen in der Kugel f entstehen, welches einige Stunden lang dauert, zu gleicher Zeit wird eine Luft in der Röhre eg aufsteigen, sich zu oberst begeben, die Flüssigkeit herabdrucken, und etwa den Raum eh einnehmen. Nur glaubte hiebey Bernoulli unrichtig, daß die Luft in der Kugel f wirklich zugegen, und, nachdem der Raum eh dreymal, viermal u. s. f. größer als die Kugel f sey, dieselbe auch in einem dreymal, viermal u. s. f. zusammengepreßtern Zustande gewesen sey.

Ueber-

e) Diss. de effervescentia et fermentatione. in Opp. T. I. n. I. §§. XV. XVI.

Ueberdem bemerkt Bernoulli noch, daß Mayow einen ähnlichen Versuch angestellt habe, nicht aber in der Absicht, um zu erfahren, ob wirkliche Luft in festen Substanzen im zusammengepreßten Zustande vorhanden sey, sondern vielmehr um zu untersuchen, ob Luft von neuem erzeugt werde. Nachdem er nun mancherley Versuche dieser Art gemacht, habe er endlich geschlossen, daß die Luft, welche den Raum eh einnehme, keine wahre Luft sey, sondern ein bloßer Dunst, welcher durch die Einwirkung der Hitze auf die Kugel g in der Röhre aufgestiegen sey; und so habe er gemeint, daß die ganze Kugel in Dunst verwandelt werden könne, so wie das Wasser in Dampf. Bernoulli aber antwortet hierauf ganz richtig, daß Wasserdampf unter gewissen Umständen wieder zu Wasser werde, jener vorgebliche Dunst aber nie in die materielle Substanz der Kugel sich umformen lasse, sondern beständig die elastische Gestalt behalte, die er einmal besitze. Was sey dieß aber anders, als Luft? Nur meint er — aber irrig, — daß diese Luft nicht von neuem erzeugt, sondern in der festen Substanz schon als Luft im zusammengepreßten Zustande zugegen gewesen sey. Mayow, sagt er, habe selbst nicht nur nicht geläugnet, daß sein vorgeblicher Dunst eine elastische Kraft besitze, wie die natürliche Luft, sondern dieß auch durch einen besondern Versuch bestätigt. Er gebe zwar zur Ursache, warum er die elastische Materie nicht für Luft erkennen könne, an, weil sie zur Erhaltung des Lebens untauglich sey; allein Bernoulli antwortet hierauf ganz richtig, daß dieß gar kein Grund sey, warum man sie nicht für Luft halten wolle, da selbst unsere atmosphärische Luft zur Zeit der Pest zum Einathmen untauglich und der Gesundheit gefährlich wäre.

Noch

Noch zeigte der Leibarzt des Pabstes, J. Mar. Lancisi[f]), zuerst sehr gründlich und nachdrücklich die höchst schädliche Wirkung des Sumpfgas, und den wichtigen Einfluß, welchen es auf die Erzeugung und Verschlimmerung vornemlich umgehender Krankheiten, auch ganzer Länder, habe, aus der medicinischen Geschichte seiner Vaterstadt und der umliegenden Gegend.

Ungeachtet aller dieser angeführten Beobachtungen war man doch bey weitem noch nicht vermögend, die unterscheidenden Merkmale der Gasarten anzugeben, vielmehr hielt man sie für gemeine Luft, welche ihre Elasticität verlohren habe, und sich als Element in der Grundmischung der Körper befinde.

Viertes Kapitel.

Entdeckungen und Beobachtungen in der Lehre vom Feuer.

Wesen des Feuers.

Ueber die Natur des Feuers, welches sich beym Verbrennen der verbrennlichen Körper entwickelt, hat man von jeher verschiedene Meynungen gehabt. Die gemeinste Meynung war diese, daß in den verbrennlichen Körpern etwas sey, welches das Feuer bilde, und man glaubte dieß fast allgemein im Schwefel oder

f) De nativis et adventitiis aeris Romani qualitatibus. Romae 1711. 4. De noxiis paludum effluviis eorumque remediis. L. I. II. Rom. 1716. 1717. 4.

oder in ölichten und fettigen Substanzen zu finden. — Allein hier bleibt immer noch die Frage unentschieden, was der Schwefel oder das Fettige zur Entstehung des Feuers beytrage?

Newton g) scheint in seinen der Optik beygefügten Fragen Carteseus Meynung zu begünstigen, und das Feuer bloß für denjenigen Zustand der Körper zu halten, in welchem sie durch eine heftige schwingende Bewegung die in ihnen befindliche Lichtmaterie reichlicher aussenden. Besonders scheine dieß bey allen denjenigen Körpern statt zu finden, welche erdigte und vorzüglich schweflichte Theile in Menge enthielten.

Der jüngere Lemery h) glaubte mit Boyle'n, daß das Feuer eine ponderable Materie von eigener Natur sey, und suchte diese Meynung aus noch andern Erfahrungen zu bestätigen. Er nennt das Feuer das wahre Princip der Wärme, des Lichts, der Flüssigkeit und der Schmelzung verschiedener irrdischer Körper, welche außer der Wirkung des Feuers und seiner Verbindung mit ihnen beständig in fester Gestalt verbleiben würden. Er richtet seine Aufmerksamkeit vorzüglich auf folgende beyde merkwürdige Umstände: 1. daß die Materie des Feuers das Gewicht derjenigen Körper, mit welchen sie sich verbinde, oft beträchtlich vermehre, und 2. daß sie so lange, als sie im gebundenen Zustande sich befinde, die Eigenschaften des Feuers an sich behalte, aber sie sogleich wieder zeige, wenn man sie in einen Zustand versetze, in welchem sie sich von den Körpern losmachen, und auf andere wirken könne.

In

g) Lib. III. quaest. IX. X.

h) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1709.

In Ansehung des erstern Punktes, sagt er, sey es jedermann bekannt, daß verschiedene metallische Substanzen bey der Verwandlung in Kalke an ihrem Gewichte beträchtlich zunähmen, ungeachtet sie viele metallische Theilchen mehrerer Substanzen verflüchtigten. Dieß sey also ein offenbarer Beweis von der Ponderabilität der Materie des Feuers. Daß aber die Gewichtszunahme nicht von der Holz- oder Kohlensäure, welche sich während der Verbrennung erzeuge, und mit den metallischen Substanzen verbinden könne, herrühre, sucht er dadurch zu beweisen, daß die nämliche Gewichtszunahme der Metallkalke im Brennpunkte genugsam wirkender Brenngläser ebenfalls statt finde.

Was nun den zweyten Punkt betreffe, so scheine dieser eine wahre Bestätigung des erstern zu seyn; denn wenn dasjenige, was sich während der Verkalkung mit den Körpern verbinde, eine wirkliche Materie des Feuers sey, und man überzeugt werde, daß diese Materie auch im gebundenen Zustande die nämlichen Eigenschaften behalte, die sie vorher hatte, so werde man ohne Zweifel zugeben, daß sie die wirkliche Ursache der Gewichtsvermehrung sey.

So sehr sich aber auch Lemery Mühe giebt, diesen zweyten Punkt zu beweisen, und die Einwürfe, die ihm entgegengesetzt werden könnten, zu beantworten, so ist er doch darin keinesweges glücklich gewesen. Unter andern, sagt er, könne man ihm einwenden, daß man die Feuertheilchen nur wegen ihrer reißenden Bewegung als solche benennen könne. Wenn man also annähme, daß sie in andern Körpern gebunden würden, so hörte auch sogleich ihre Bewegung auf, und sie verdienten den Nahmen der Feuertheilchen nicht mehr; sie würden folglich unfähig, die

Wirkungen hervorzubringen, die er ihnen beylege; man müsse daher zur Erklärung derselben eine ganz andere Ursache aufsuchen. Diesem Einwurfe sucht Lemery dadurch zu begegnen, daß er meint, die Materie des Feuers müsse man als eine flüssige von eigener Natur und eigenen Eigenschaften betrachten, die sie von andern flüssigen Materien unterscheiden. Wenn also diese Materie sich mit andern Körpern verbinde, so müsse sie das nämliche Schicksal erfahren, als alle andere uns bekannte Flüssigkeiten. Das Wasser z. B., welches doch seine Flüssigkeit erst der Materie des Feuers zu verdanken habe, dringe in das Innerste der Körper ein, ohne seine Flüssigkeit und andere Eigenschaften, die es als Wasser besitze, zu verlieren; auch stelle es sich als Wasser wieder dar, wenn man solche Veranstaltungen treffe, daß es sich von den Körpern trennen müsse. Mit weit größerm Rechte müßte also auch die Materie des Feuers in denselben Umständen ihre Eigenschaften beybehalten, und sie nach der Losmachung von den Körpern, in welchen sie gebunden war, eben so wieder zeigen, wie vorher.

Man dürfe sich nicht wundern, fährt er fort, daß die Körper, welche bey der Calcination eine Menge Feuertheile eingeschluckt haben, beym Anfühlen keine Empfindung der Wärme verursachen; denn die einmal in den Körpern eingeschlossenen Feuertheilchen könnten nicht bis zur Oberfläche derselben kommen, mithin fühlten sie sich eben so an, als ob sie gar keine Feuertheilchen enthielten. Hingegen hätte es eine ganz andere Bewandtniß mit denjenigen Körpern, welche so eben aus dem Feuer herausgenommen wären; denn deren für das Gefühl so unerträgliche Hitze rühre

nicht von den eingeschlossenen, sondern von solchen Feuertheilchen her, welche in weiten und offenen Zwischenräumen sich befänden, und aus selbigen entwichen. Man könne sich nämlich in den Körpern zweyerley Sorten von Zwischenräumen gedenken, erstlich sehr weite, um jederzeit der Materie des Feuers einen freyen Durchgang zu gestatten, und zweytens solche, welche dieß nicht anders thäten, als wenn sie durch die Wärme ausgedehnt würden.

Uebrigens ist es ihm wahrscheinlich, daß die Materie des Feuers zwischen der Erde und der Sonne in den Zwischenräumen der großen flüssigen Masse sich befinde, und von der Wärme des Sonnenlichts auf mannichfaltige Art modificirt werde.

Indessen hatte sich Becher eine ganz eigene Vorstellung von dem Feuer gemacht. Er gedachte sich darunter eine verdünnte Erde (terra rarefacta) [i]). Becher hatte nämlich ein gewisses eigenes Wesen angenommen, welches die Ursache der Fähigkeit zum Verbrennen in den brennbaren Körpern wäre. Dieses Wesen hielt er für elementarisch und für eine feine Erde (terra secunda), die er entzündliche, auch fettige, schweflichte Erde (terra inflammabilis, pinguis, sulphurea) nannte. Bey der wirklichen Verbrennung der Körper werde nun diese Erde verdünnt, und daher entstehe Feuer.

Stahl [k]), Bechers verdienstvoller Commentator, bestimmte den Begriff von Bechers entzündlicher

i) Physica subterranea. Lipſ. 1703. 8. lib. I. sect. VI. cap. VIII. p. 543.

k) Specimen Becherianum, exhib. *Geor. Ern. Stahl.* Lipſ. 1703. 8. Georg Ernst Stahl zufällige Gedanken und

cher Erde viel näher, und nannte das Princip, welches den verbrennlichen Körpern die Fähigkeit zum Brennen ertheile, Phlogiston, brennbares Wesen, Brennstoff, entzündlichen Grundstoff (phlogiston, principium inflammabile, ignescibile). Er gedachte sich dieses Phlogiston nach Bechers Grundsätzen in einer erdigten Form, und glaubte, daß es das Elementarfeuer (den Wärmestoff) gebunden enthielte. Das Feuer, meinte er, sey nichts absolutes, sondern bloß die Form des mit dem Elementarfeuer gebundenen Phlogistons, welches sich beym Verbrennen der verbrennlichen Körper entwickele oder frey werde. Zur Entstehung des Feuers werde jederzeit eine wirbelförmige Bewegung der körperlichen Theilchen der brennbaren Körper erfordert; ohne eine solche Bewegung sey kein Feuer. Daß aber in jedem brennbaren Körper Phlogiston zugegen sey, sucht er durch vielfältige Erfahrungen zu erweisen. Einer seiner stärksten Beweise für das Daseyn eines brennbaren Wesens in den verbrennlichen Körpern ist die künstliche Erzeugung des Schwefels aus Schwefelsäure und Kohlen. Denn, sagt er, die Säure, als der ponderable Theil des Schwefels, verbinde sich augenscheinlich mit dem brennbaren Wesen der Kohle, und vereinige sich mit ihr zum Schwefel. Auch lasse sich aus dieser Verbindung durchs Verbrennen das Phlogiston wieder austreiben, und abermals nach Belieben damit vereinigen. Hieraus erkenne man also offenbar, daß die Kohle ein Wesen besitzen müsse, welches sich mit der Schwefelsäure verbinde, um auf eine solche Art eine höchst entzündliche Mischung zu erhalten. Es sey also hieraus

und nützliche Bedenken über den Streit vom so genannten sulphur. Halle 1718. 8.

aus klar, daß dieses Wesen ein reelles und körperliches Princip seyn müsse. Durch andere Erfahrungen suchte er überhaupt zu zeigen, daß dieß Princip allen uns bekannten verbrennlichen Stoffen gemeinschaftlich zukomme, welches aber z. B. beym Verbrennen der vegetabilischen Substanzen zum Theil in Gestalt eines flüchtigen Oels davon gehe, zum Theil und bey Ausschließung der Luft in der Kohle zurückbleibe. Besonders befinde sich auch dieses brennbare Wesen in allen Metallen, welches sie beym Verkalken verlieren, ob sie gleich dabey am Gewichte zunehmen. Wenn dagegen die Metallkalke durch Behandlung mit Kohlen, schwarzem Flusse, Fette, Oele, Peche u. s. f. im Feuer dieses Wesen wieder in sich zu nehmen Gelegenheit fänden, so erhielten sie, wiewol mit einigem Verluste am Gewichte, ihre vorige Metallgestalt wieder. Stahl übersah also ganz die Ursache dieser Erscheinung, daß die Metalle beym Verkalken am Gewichte zunehmen, und bey der Reduction derselben wieder abnehmen. Erst in den neuern Zeiten ist dieses Räthsel enthüllt worden.

Stahl's Lehre vom Brennstoffe oder Phlogiston, welche so viele bisher unerklärbare Erscheinungen zu erklären schien, wurde mit solchem allgemeinen Beyfalle aufgenommen, daß man sie als den ersten Grund der folgenden darauf gebaueten wissenschaftlichen Chemie ansehen kann, indem sie zu den wichtigsten Entdeckungen Veranlassung gab, wodurch die Chemie ungemein erweitert wurde.

Freylich wurden die Begriffe, welche sich die Chemiker nach der Zeit vom Phlogiston machten, ungemein oft abgeändert, je nachdem sich die Kenntnisse von den Umständen bey den Erscheinungen des Verbren-

brennens vermehrten. So behauptete schon Henkel[l]), daß der Brennstoff ein elementarisches an einem zarten erdigten Grundstoff gebundenes Feuer sey, da Stahl selbst diesen Stoff ausdrücklich von dem Feuer unterschied, wie bereits angeführt ist.

Der Herr von Wolf[m]) glaubt aus verschiedenen Erfahrungen, wovon einige weiter unten angeführt werden sollen, mit Gewißheit schließen zu dürfen, daß das Feuer nichts weiter als eine concentrirte Wärmematerie sey. Weil es demnach gewiß ist, sagt er, daß Wärme und Feuer aus der Bewegung einerley Materie bestehen, und nur dem Grade nach unterschieden sind; so nimmt man nicht ohne Grund für das Feuer und die ihm verwandte Wärme eine besondere flüssige Materie an, welche in den natürlichen Körpern auf den Erdboden zu finden ist, und die man gar wohl das Elementarfeuer nennen könne. Dagegen ließe sich aber keinesweges mit Gewißheit schließen, daß die Wärmematerie einerley mit der Lichtmaterie sey.

Beobachtungen bey der Erzeugung des Feuers und der Verbrennung der Körper.

Nachdem man in diesem Zeitraum die Luftpumpen verbessert hatte, so wurden auch vielfältige Versuche mit dem Feuer im leeren Raume angestellt, welche alle den schon von Otto von Guericke gefolgerten Schluß bestätigten, daß im leeren Raume weder Feuer erregt, noch eine Verbrennung der verbrennlichen Körper bewirkt werden könne, und daß folglich hiezu schlechterdings das Daseyn der atmosphärischen Luft

l) Flora saturnizans. p. 375.

m) Nützliche Versuche rc. Th. II. Cap. IX. §. 133.

Luft erfordert werde. Man war aber immer noch, wie vormals, der Meynung, daß die Gegenwart der Luft zur Erhaltung des Feuers bloß deßwegen nöthig sey, damit die Flamme einen hinreichenden Widerstand finde, und sich nicht so leicht zerstreue, wie in der verdünnten Luft, oder auch im ganz luftleeren Raume.

Das zur Entzündung eines verbrennlichen Körpers irgend eine Veranlassung erfordert werde, weiß jedermann. Diese besteht nämlich in der Mittheilung einer hinreichenden Hitze. Auch versuchte man, ob der zur Entzündung hinreichende Grad der Hitze mittelst glühender Kohlen in einer weiten Entfernung erhalten werden könnte. Dieser Versuch ist nach Zahns[a]) Erzählung bereits in Wien angestellt worden. Man brachte nämlich in den Brennpunkt eines sphärischen Hohlspiegels, der im Diameter 6 Fuß hielt, ein eisernes Gefäße mit glühenden Kohlen; jenem Spiegel gerade gegen über in einer Weite von 20 bis 24 Fuß ward ein anderer Hohlspiegel, welcher im Diameter 3 Fuß hatte, gestellt, und in den Brennpunkt desselben ein Stück Schwamm mit einem Schwefelfaden gelegt. Als nun die Kohlen mit einem Blasebalge beständig angeblasen wurden, so entzündete sich endlich der Schwamm mit dem Schwefelfaden. Wolf sagt, aus diesem Versuche erhelle es, daß sich die Wärme, wie das Licht, zurückwerfen lasse, und daß man Feuer erhalte, wenn sie in einen kleinen Raum gezwungen werde, daß folglich Feuer in der That nichts weiter, als concentrirte Wärme sey.

Ein

a) Oculus artificialis teledioptr. fundam. III. syntag. V. cap. VI. artif. 12.

Ein anderes hieher gehöriges Phänomen hat der Schwede Schwedenborg [o]) wahrgenommen, welches angeführt zu werden verdient. Wenn nämlich der Ofen, worin Eisen geschmolzen zu werden pflegt, mit Kohlen angefüllt, dieselbe glühend gemacht und eiserne Platten darauf gelegt worden, hiernächst der Ofen 10 bis 12 Tage von allen Seiten verschlossen war; so fand er nach dieser Zeit bey der Eröffnung die übrig gebliebenen Kohlen mit ihrer gewöhnlichen schwarzen Farbe, ohne das geringste Fünkchen Feuer darin zu spühren. Indessen besaßen sie alle eine noch überaus große Hitze. Hatte er statt der Kohlen Holz in den Ofen gelegt, so war dieß zu Kohlen geworden, welche dieselbe Hitze besaßen. Nach der Eröffnung des Ofens etwa eine viertel- oder halbe Stunde darnach geriethen diejenigen Kohlen, welche dem Zutritte der freyen atmosphärischen Luft ausgesetzt waren, in eine Flamme, diejenigen aber, welche noch mit eisernen Platten beschwert waren, blieben unentzündet. Hieraus, schließt Wolf [p]), erhelle es offenbar, daß die Wärme eine besondere Materie sey, die sich aus dem einen Körper in den andern bewege, daß sie sich durch dicke Körper einschließen lasse, welche sie nicht sobald durchdringen könne, daß das Feuer ohne freyen Zufluß der Luft nicht dauern könne, und daß die Wärme in eine wirkliche Flamme übergehe, wenn eine hinreichende Menge von dieser Materie vorhanden sey, und nicht gehindert werde, in eine Flamme auszubrechen.

Wolfs

o) In Novis observatis et inventis circa ferrum et ignem. p 7. sqq.

p) Nützliche Versuche. Cap. IX. §. 28.

Wolfs Schlüsse sind an sich ganz richtig, nur scheint er sich darin zu widersprechen, daß er das Feuer, welches doch, wie der Augenschein lehren mußte, aus Wärme und Licht besteht, als eine concentrirte Wärme ansieht, und gleichwol Licht- und Wärmematerie als von einander verschiedene Materien annimmt. Auch zeigt er nicht, woher das Licht bey diesen Phänomenen gekommen sey. Die damaligen Naturforscher erkannten freylich sehr wohl, daß zur Erzeugung und Erhaltung des Feuers der Zutritt der atmosphärischen Luft nothwendige Bedingung sey; allein sie vermochten noch nicht zu erklären, was und wie die Luft dabey wirke. Wenn sie den Gedanken, den schon Otto von Guericke hatte (Th. II. S. 191.), daß das Feuer zu seiner Unterhaltung Luft verzehre, und wegen Mangel derselben nicht bestehen könne, weiter verfolgt hätten, so würden sie vielleicht früher gefunden haben, daß die Luft hiebey nicht mechanisch, sondern wirklich chemisch wirke. Allein die Chemie war mit der damaligen Physik noch gar nicht schwesterlich verbunden, und so blieb also Guerickens schöner Gedanke unbebauet liegen.

Das so allgemein bekannte Mittel, Feuer durchs Schlagen mit Stahl und Stein zu erhalten, wovon man bisher so wenig befriedigendes hatte sagen können, erhielt in diesem Zeitraume einiges, wiewol noch dunkeles, Licht. Hooke q) hatte nämlich Funken auf ein weißes Papier geschlagen, und die darauf gefallenen durch ein Vergrößerungsglas betrachtet. Hier fand er, daß an einigen Orten Stückchen Stahl, an andern Orten aber kleine Glas- und Stahlkügelchen lagen.

q) Micrographia. obs. 3. fol. 44. sqq.

lagen. Auch nahm er wahr, daß an einem Stückchen Stahl ein kleines rundes Kügelchen war, und das Stückchen Stahl selbst eine unordentliche Figur hatte. Hieraus folgerte nun Hooke ganz richtig, daß die Funken nichts weiter sind, als glühende Stückchen Stahl, welche durch den Schlag losgerissen worden. Die runden gläsernen Kügelchen hielt er für wirklich in Glas verwandeltes Stahl. Allein Wolf beweiset dagegen richtiger, daß vielmehr diese geschmolzenen Kügelchen Stückchen losgeschlagener Steine sind, die sich in Glas verwandelt haben. Nur wußte man nicht zu erklären, wie die Feuerfunken entstehen. Weil im luftleeren Raume keine solche Funken sich erzeugen, so sahe man wohl ein, daß hiebey ebenfalls die atmosphärische Luft nothwendig zugegen seyn müsse; ihre Wirkung aber bey der Erzeugung des Feuers durchs Aneinanderschlagen des Stahls und Steins war gänzlich unbekannt.

Ueberhaupt vermochte man über den Akt des Verbrennens der verbrennlichen Körper in diesem Zeitraume sehr wenig erträgliches zu sagen. Becher hielt die Verbrennung für eine Art der Fermentation, wobey eine Trennung der Theile der verbrennlichen Körper vorgehe, hierdurch verdünne sich aber die entzündliche Erde, und bilde Feuer. Wenn die verbrennlichen Körper Salze besäßen, so geschehe die Verbrennung mit Flamme. Eigentlich, sagt er, werde durchs Verbrennen der verbrennliche Körper nicht zerstört, sondern vielmehr verändert, und die flüchtigen Theile in Dampf verwandelt. Bey solchen Körpern, welche gar keine flüchtigen Theile besäßen, die mithin nicht verdünnt werden könnten, fände gar keine Verbrennung statt. Der freye Zutritt der atmosphärischen Luft sey

bey

bey der Verbrennung deßwegen nothwendig, damit sie die flüchtig gemachten Theile aufnehme und fortführe; da im Gegentheil bey der Verbrennung in einem verschlossenen Orte die flüchtigen Theile gleichsam fix gemacht würden, und die Körper entweder in Kohle verwandelt würden, oder die Verbrennung gänzlich aufhörte.

Nach Stahls Meynung tritt das Phlogiston mit dem gebundenen Elementarfeuer beym Verbrennen der Körper aus, und zeigt sich als Feuer. Die Gegenwart der atmosphärischen Luft ist hiebey deßwegen erforderlich, damit das frey gemachte Feuerwesen verfliegen und sich zerstreuen könne; denn, sagt er, so bald die freye Luft es nicht fortzuführen vermöge, so könne dieß Wesen in der größten Glut bestehen und ausdauern, ohne einige bis jetzt bekannte Aenderungen zu leiden.

Es war längst bekannt, daß verschiedene Materien mit einander vermischt sich nach und nach erhitzen, und zuletzt in eine wirkliche Flamme ausbrechen. Was aber bey der Vermischung solcher Stoffe vorgehen müsse, wenn sie sich entzünden sollen, war damals noch ein gänzliches Geheimniß. So, bemerkt der Herr von Wolf, müßte nicht allein erst die Chemie in eine bessere Ordnung gebracht, sondern auch vieles andere untersucht werden, ehe es sich erklären lasse, wie in solchen Fällen die Entzündung möglich sey.

Ein hieher gehöriges merkwürdiges chemisches Produkt, welches sich bey der Berührung der Luft von selbst entzündet, und eben deßwegen den Nahmen des Pyrophorus oder Luftzünders erhielt, entdeckte Homberg. Er fand nämlich denselben zufälliger Weise im Jahre 1710, da er Menschenkoth mit

Alaun im Feuer destillirte, um aus dem erstern ein weißes Oel zu gewinnen [r]). Homberg erhielt seinen Luftzünder in verschiedenen Farben, schwarz, braun, roth, grün, gelb und auch weiß, nach der Verschiedenheit des Gefäßes, in welchem er die Operation angestellt, und nach den Graden der Hitze, die er dabey angewendet hatte.

In den Jahren 1714 und 1715 zeigte hierauf der jüngere Lemery [s]), daß statt des Menschenkothes andere thierische und Pflanzenstoffe, welche in der Hitze eine Kohle geben, als z. B. Mehl, Honig, Zukker, Blätter, Blüthen u. d. gl. zur Bereitung des Pyrophorus angewendet werden können.

Die Selbstentzündung dieses Pulvers sucht Homberg auf folgende Art zu erklären. Es verliere die Masse in der Calcinationshitze alle ihre wässerichten Theile, und einen großen Theil ihres Oels und flüchtigen Salzes; hierdurch erhalte sie eine Menge weiter Poren, welche die durchs Feuer verflüchtigten Theile leer gelassen, so daß das nach der Calcination zurückgebliebene Pulver aus einer erdigen schwammartigen Masse bestehe, welche ihr fixes Salz und ein wenig Oel zurückgehalten habe. Diese Masse behalte eine Zeitlang einen während der Calcination in die leeren Zwischenräume eingedrungenen Theil des Feuers. Nun könne man annehmen, daß das fixe Salz, welches in diesem Pulver in einer großen Quantität enthalten sey, vermöge seiner Natur die Feuchtigkeit der Luft schnell einsauge; dieß schnelle Eindringen in die Poren des Pulvers verursache aber eine Reibung, welche ein wenig

r) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1711.

s) Ibid. 1714. 1715.

nig Wärme zu erzeugen fähig wäre, die sich mit den in den nämlichen Poren befindlichen Feuertheilchen verbände, und auf solche Art eine starke Hitze zuwege brächte, so daß diese das zurückgebliebene Oel entzünde.

Von der Richtigkeit dieser Erklärung sey folgende Erscheinung ein Beweis. Wenn man den Luftzünder in einem Gefäße aufbewahre, welches nicht genau genug verschlossen sey, so werde er nach und nach und langsam die Feuchtigkeit der Luft einsaugen, und dadurch unfähig gemacht, daß durch ein hinreichendes Reiben eine fühlbare Wärme entstehen könnte. Er verliere also auf solche Art seine Selbstentzündung. Eben so verliere auch der der freyen Luft ausgesetzte lebendige Kalk seine Fähigkeit sich zu erhitzen, weil er nach und nach eine geringe Quantität Feuchtigkeit aus der Luft einsauge, daß die daher entstehende Reibung viel zu schwach sey, um eine fühlbare Wärme zu erregen.

Ob aber auch gleich der lebendige Kalk eben so gut, wie der Luftzünder, Feuertheile in sich enthalte, so könne er doch durch die Feuchtigkeit der Luft allein keine fühlbare Wärme hervorbringen, wie der Luftzünder, sondern es sey der Aufguß einer Menge Wassers nöthig, um denselben Grad der Wärme zuwege zu bringen; denn der Kalk enthalte kein Salz, wie der Luftzünder; aber eben dieses ziehe auf einmal sehr viel Feuchtigkeit aus der Luft an. Beym Kalke hingegen müßte, um die nämliche Wirkung hervorzubringen, diese Feuchtigkeit durchs Wasser ersetzt werden.

Der Grund endlich, warum der lebendige Kalk sich nicht eben so, wie der Luftzünder, entzünde, ob er gleich eine eben so große Wärme zeige, liege darin, daß der Kalk keine ölichten Theile besitze, um sich ent-

zünden zu können. Wenn man ihn aber mit dem Luftzünder gehörig vermische, so entzünde er sich ebenfalls mit diesem.

Lemery hält diese Erklärung nicht für zureichend. Nach seiner Meynung besteht der Luftzünder aus einem Theile Oel, aus Vitriolsäure und schwefelartiger Materie, welche mit der Vitriolsäure noch nicht zum wirklichen Schwefel verbunden, sondern im Anfange der Verbindung ist, und aus Alaunerde, die er als eine Art von ungelöschtem Kalk betrachtet. Diese Erde erhitze sich an der Luft, wodurch die Entzündung des Oels bewirkt werde, und sich zugleich Schwefel bilde, welcher mit abbrenne.

Ueber die große Gewalt des Schießpulvers beym Abbrennen hatte man bisher keine ganz befriedigende Erklärung geben können. Boyle zeigte durch einen Versuch zuerst, daß durch die Entzündung desselben eine elastische Materie erzeugt werde. Noch deutlicher erwieß dieß Hawksbée t) durch folgenden Versuch. Er brachte ein glühendes Eisen unter die Glocke der Luftpumpe, und zog alsdann aus selbiger die Luft heraus, hiernächst ließ er ein wenig Pulver auf das glühende Eisen fallen, und bemerkte, daß bey der Entzündung das Quecksilber in seinem Mercurialzeiger sehr tief herabfiel, hierauf aber wieder etwas stieg, jedoch seine vorige Höhe bey weitem nicht erreichte. Eine geringe Menge Pulver brachte das Quecksilber im Mercurialzeiger auf $12\frac{3}{4}$ Zoll herab, wenn es zuvor bey ausgeleerter Glocke auf $29\frac{1}{2}$ Zoll gestanden hatte. Aus diesem Versuche erhellte also deutlich, daß sich aus dieser geringen Menge Pulver eine elastische Materie entwickelt hatte, welche anfänglich beym Entzünden

t) Philos. Transact. n. 295.

den des Pulvers wegen der Hitze stärker auf das Quecksilber wirkte, als nachher bey der Abnahme derselben. Ueberdem zeigte auch Hawksbée u), daß das Abbrennen des Pulvers in eingeschlossener Luft die Menge derselben vermehre. Seit dieser Zeit hat man allgemein die Gewalt des Schießpulvers dieser entwickelten elastischen Materie zugeschrieben.

De la Hire x) glaubt, die Kraft des Schießpulvers lasse sich sehr befriedigend von der atmosphärischen Luft herleiten, welche im Pulver eingeschlossen, und zwischen den Körnern desselben befindlich gewesen wäre, und durch die schnelle Entzündung eine verstärkte Elasticität erhalten hätte. — Allein dieß erklärt offenbar die erstaunende Gewalt des Schießpulvers nicht, ob er gleich einige Versuche zur Begründung seiner Meynung mit anführt. — Auf eben diese Art erklärt er auch den Donner.

Newton y) vermuthet, daß die elastische Materie, welche sich bey der Entzündung des Schießpulvers entwickelt, ein in Dämpfe verwandelter Salpetergeist sey, welcher durch die Schwefelsäure erzeugt werde, und mit der größten Gewalt aus der Substanz des Salpeters hervorbreche, wie etwa der Wasserdampf aus einer Windkugel. Dieser Dampf des Salpetergeistes entzünde sich, daher die Flamme, und die in den Salpeter dringende Schwefelsäure verursache darin ein starkes Aufbrausen (fermentatio) und eine große Hitze, welche selbst die feste Substanz des Salpeters

u) Physico-mechanical experiments. p. 81.

x) Histoire de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1702.

y) Optice. Lauf. et Genev. 1740. 4. lib. III. quaest. 10. p. 274.

peters in Dämpfe auflöse, und dadurch die Explosion äußerst heftig mache. Wenn überdem dem Schießpulver etwas Weinsteinsalz beygemischt, und diese Mischung nach und nach erwärmt werde, bis sie endlich Feuer fange, so werde die Explosion noch viel heftiger. Dieß könne aber keine andere Ursache zum Grunde haben, als daß der Dampf, in welchen das Schießpulver aufgelöset sey, auf das Weinsteinsalz wirke, wodurch dieß Salz selbst in einen größern Raum ausgedehnt werde. Es entstehe also die Explosion des Schießpulvers aus der schnellen und gewaltsamen Wirkung, wobey die stark erhitzte Mischung sich im Augenblick in Dampf verwandele und in eine heftige Flamme ausbreche.

Johann Bernoulli [z]) hat die elastische Materie des Pulvers für bloße atmosphärische Luft gehalten, welche im Pulver selbst über 400mal mehr als im natürlichen Zustande zusammengepreßt sey. Er setzt nämlich voraus, daß das Feuer ein überaus flüssiger Körper sey, dessen Theile in einer reißenden Bewegung sich befinden, und gleichsam wie Keile das Innerste der Körper, in welche sie eindringen, durchwühlen, und mit Gewalt ihre Theile von einander trennen. Wenn also dem Schießpulver Feuer genähert werde, so drängen seine Theile mit Gewalt in die Theile des Schießpulvers hinein, trennten diese in einem Augenblicke von einander, und verschaften dadurch der zusammengepreßten Luft einen Ausweg, welche nun vermöge ihrer Elasticität, die durchs Feuer noch sehr stark vergrößert werde, alle Hindernisse aus dem Wege räume, und mit der größten Gewalt sich ausdehne. Auch

z) Diss. de effervescentia et fermentatione 1690. 4. und Opp. T. I. n. I. §. XXII.

Auch Papin folgerte aus seinen Versuchen, es sey im Salpeter eine stark zusammengepreßte Luft eingeschlossen, so daß 6 Gran Schießpulver wenigstens 1 Gran wirkliche Luft enthielten.

Die Vorstellung von der zusammengepreßten oder eingekerkerten Luft ist noch eine lange Reihe von Jahren, selbst zu den Zeiten noch, da man richtigere Begriffe von den verschiedenen Luftarten erhalten hatte, beybehalten worden, bis sie endlich nach richtigern Principien der physischen Chemie ganz verbannt wurde.

Sternschnuppen und Feuerkugeln.

Die beyden feurigen Meteore, Sternschnuppen und Feuerkugeln, sind in den ältern Zeiten beynahe gänzlich vernachlässigt worden. Nach der Erzählung des Gassendi soll die Substanz der Sternschnuppen einer gallertartigen Materie ähnlich seyn. (Th. II. S. 197.) Auch Menzel[a]) berichtet, daß er einmal auf einer Reise mit einigen Reisegefährten ein solches Meteor wahrgenommen habe, welches nicht weit von ihm zum großen Schrecken seiner Begleiter niedergefallen sey. An dieser Stelle habe er nun eine gallertartige, wie reines Glas oder Wasser durchsichtige Materie gefunden, so daß sich die Sterne darin abgespiegelt hätten. — Daß Sternschnuppen auf die Erde herabfallen können, ist wohl nicht zu bezweifeln, nur ist es so leicht nicht, die Stelle genau zu finden, und genau versichert zu seyn, daß die gefundene Substanz auch wirklich von den Sternschnuppen herrühre. Ueberhaupt ist es aber jetzt ausgemacht, daß die vorgebliche gallertartige gelbliche Materie keinesweges ihren Ursprung von den Sternschnuppen habe.

Ueber

a) Ephemerides naturae curios. Cent. II. an. IX. obs. 73.

Ueber die Höhe der Sternschnuppen sind erst in den neuesten Zeiten Beobachtungen angestellt worden.

Was die Feuerkugeln betrifft, so sahe Kirch im Jahre 1686. eine zu Leipzig, deren Durchmesser dem Halbmesser des Mondes glich, und bey deren Licht man lesen konnte. Im Jahre 1708. beobachtete Wolf [b]) zu Halle eine Feuerkugel, welche bey heiterm Himmel nahe am Horizonte gegen Nordost heraufstieg, und sich bald in einen elliptischen feurigen Streifen umformte, wovon das eine Ende bis ans Zenith von Halle reichte, und dessen Concavität gegen Morgen, die Convexität aber gegen Abend gerichtet war, so daß das ganze Phänomen dem umgekehrten lateinischen Buchstaben S glich. Die Länge desselben betrug ohngefähr 10 Fuß, und die Breite $\frac{1}{2}$ Fuß. Das Licht dieses Phänomens war so helle, daß man dabey diejenigen Sachen, welche beym Mondenlichte nicht zu erkennen sind, deutlich wahrnehmen konnte. Als dieses Phänomen in Gestalt einer Kugel heraufstieg, erschien es mit dem nämlichen Glanze, als Tags zuvor in eben der Gegend Blitze, welche aus Gewitterwolken kamen, gesehen waren. Diese Erscheinung ist zu gleicher Zeit zu Leipzig, Naumburg, Zeiz und Jena wahrgenommen worden.

Wolf hielt dieses feurige Meteor für eine Entzündung derselben Materie, welche den Bliz verursache, meint aber doch, sie könne aus etwas gröbern Theilen bestehen, welche sich in der untern dichtern Luft in einem solchen Zusammenhange beysammen befunden habe, daß sie sich nicht so geschwind hätte zerstreuen und so schnell durch den Bliz verzehren können.

Im

b) Acta erudit. Lips. 1708. p. 526.

Im Jahre 1719 beobachtete Balbi [c]) zu Bologna eine Feuerkugel, welche so groß als der Vollmond schien, und dabey einen so starken Glanz verbreitete, als die aufgehende Sonne. Auf der Oberfläche derselben bemerkte man viel Schlünde, woraus Flamme und Rauch hervorbrachen. Dieselbe Kugel ward auch in England von Whiston [d]), und von andern an verschiedenen andern Orten beobachtet. Aus gleichzeitig angestellten Beobachtungen über ihre scheinbare Höhe an verschiedenen Orten fand man ihre wahre Höhe von der Erdoberfläche zwischen 16000 und 20000 Schritte, und ihren wahren Durchmesser 3560 Fuß. Ueberall verbreitete sich ein Schwefelgeruch, und sie zersprang mit einem heftigen Knalle.

Andere ähnliche feurige Meteore hat Whiston aus Hooke's nachgelassenen Werken und aus den philosophischen Transactionen gesammlet.

Die Ursache von der Entstehung der Feuerkugeln hat man bis jetzt noch nicht befriedigend angeben können. Die meisten Naturforscher erklären sie für schwefelichte und andere brennbare Dünste, welche in die Atmosphäre aufsteigen, und sich daselbst entzünden. Allein Halley [e]) glaubt, daß die Entstehung der Feuerkugeln aus irrdischen Dünsten auf keine Weise genugthuend hergeleitet werden könnte, indem sich dieß mit ihrer erstaunlichen Höhe, Größe und Geschwindigkeit gar nicht vereinigen lasse; vielmehr meint er, daß sie aus Materie beständen, welche im ganzen Welt-

c) Commentat. Bonon. T. I. p. 208.

d) An account of a surprizing meteor, seen in the Air March 19. 1719. at Night. Lond. 1719. 8. Acta erud. Lipf. 1720. p. 218.

e) Philosoph. Transact. n. 341.

Weltraume zerstreuet durch die allgemeine Anziehung irgendwo zusammengekommen sey, und von der Erde noch eher ergriffen werde, als sie eine gewisse Geschwindigkeit um die Sonne erhalten habe. Hartsöker f) und Wallis g) hingegen halten sie gerade zu für Kometen. Whiston sucht nicht allein die Meynung derer, welche die Feuerkugeln für wirkliche Kometen ansehen, sondern auch Halley's Hypothese zu widerlegen. Er selbst leitet sie von starken Blitzen oder Wetterleuchten in den obern Regionen der Atmosphäre her.

Fünftes Kapitel.

Entdeckungen und Beobachtungen in der Lehre vom Wasser.

Bemerkungen über die Natur des Wassers.

Die Versuche der Mitglieder der Academia del Cimento zu Florenz über die Compressibilität des Wassers hatten unter den meisten Physikern so vielen Eindruck gemacht, daß man beynahe allgemein glaubte, das Wasser sey gar keiner Zusammendruckung fähig. Indessen gab es doch noch einige wenige, welche die Compressibilität des Wassers aus andern angenommenen Hypothesen behaupteten. Willhelm von Stair gab im Jahre 1681. eine Physik in englischer Sprache heraus, die im Jahre 1686. in einer lateinischen Uebersetzung unter folgendem Titel: Physiologia

f) Conjectures physiques, à la Haye 1707 — 1710.

g) Philosoph. Transact. n. 135.

gia nova experimentalis, in qua generales notiones Aristotelis, Epicuri et Cartesii supplentur etc. Lugd. Batav. 1686. 4. erschien. In dieser Schrift behauptet von Stair, daß das Wasser allerdings Elasticität besitze, welche von dem darin enthaltenen Aether herrühre, ob es gleich weniger elastisch als die Luft sey, weil diese mehr Aether besitze. Zugleich führt er auch einen Versuch von du Hamel an, welcher in dessen Schriften nirgends zu finden ist, und nach welchem eine mit Wasser gefüllte güldene Kugel nicht habe zusammengedruckt werden können. Auch Boerhave h) erwähnt diesen Versuch gerade wie Stair, den er gleich darauf citirt, ohne jedoch anzuzeigen, an welcher Stelle sich derselbe in den du Hamelschen Schriften befindet. Allem Vermuthen nach hat Boerhave diese Nachricht aus Stair abgeschrieben.

Selbst Newton i) führt bey der Gelegenheit, da er zeigen will, daß das Gold, als der dichteste unter allen Körpern, dennoch eine Menge leerer Zwischenräume besitzen müsse, den Versuch mit der goldenen Kugel an, mit der Bemerkung, daß ihm ein Augenzeuge die Nachricht davon mitgetheilt habe. Nachdem nämlich die Kugel mit Wasser gehörig angefüllt, und die Oefnung verlöthet, hiernächst die Kugel mit großer Gewalt zusammengedruckt worden, so sey allenthalben das Wasser in sehr kleinen Tröpfchen wie Thau durch die Substanz des Goldes gedrungen, ohne irgendwo einen Riß zu verursachen. Aus diesem Versuche schließt Newton zugleich, daß das Gold weit mehr leere Zwischenräume besitzen müsse, als

h) Elementa chymiae. Lugd. Batav. 1737. 4. T. I. p. 563.

i) Optice. Lauf. et Genev. 1740. 4. lib. II. Pars III. p. 206.

als solide materielle Theile, zwischen welchen jene sich befinden. Auch führt er[k]) sogar einen Grund an, warum das Wasser sich nicht zusammendrucken lasse, weil sich nämlich die Theilchen schon berührten. Würden sich die Lufttheilchen berühren, so würde, sagt er, die Luft in Marmor übergehen; da sich aber diese zusammendrucken lasse, so wären auch ihre Theilchen in keiner Berührung mit einander. — Newton war ein Atomistiker, nahm also die absolute Undurchdringlichkeit der Materie an; aus der Voraussetzung also, daß sich die Wassertheilchen berühren, mußte freylich die Unmöglichkeit der Compressibilität des Wassers folgen. Allein nach dieser Hypothese wäre man offenbar zu schließen berechtigt, daß sich im Wasser nichts von der Stelle bewegen könnte. —

Ferner soll ebenfalls nach dem Zeugnisse Stairs und Boerhaves ein gewisser Colbert, welcher eine allgemeine Physik geschrieben hat, einen Versuch mit einer bleyernen Kugel angeführt haben, welcher dem Boyleschen ähnlich sey, und mit gleichem Erfolge die Compressibilität des Wassers bewiesen habe.

Francisc. Tertius de Lanis[l]) hat über die Zusammendruckung des Wassers ungemein viel geredet, wobey er aber jederzeit annimmt, daß sich die Zusammendruckung verschiedener Flüssigkeiten verkehrt, wie ihre specifischen Gewichte verhalten. Hieraus berechnet er die Höhe der flüssigen Materien für einen jeden gegebenen Druck. Er meint, das Zusammendrucken, besonders der flüssigen Materien, rühre nicht daher,

k) Opuscula a *Castillioneo* collecta. opusc. XX. p. 416.

l) Magisterium naturae et artis. Brixiae 1680. fol. T. II. p. 176.

daher, daß ihre Theile durch den Druck einander mehr genähert würden, sondern es geschehe durch ein Herauspressen irgend einer überaus feinen Materie (nach ihm des Aethers, welchen er für ganz incompressibel hält). Um die Compressibilität des Wassers zu beweisen, giebt er folgenden Versuch an. Man setze in einen gläsernen mit Wasser gefüllten Cylinder oder in einer Röhre eine oder mehrere Glaskugeln, welche mit dem Wasser ein gleiches specifisches Gewicht besitzen, oder das specifische Gewicht des Wassers nur um ein geringes übertreffen. Auf solche Art werden sie im Wasser schwimmen, oder doch nur mit einer sehr geringen Kraft gegen den Boden des Cylinders sinken. Verschließt man hierauf die Oefnung des Cylinders mit einer Blase, und druckt sodann stark gegen die Blase etwa mit dem Daumen, so wird durch diesen Druck das Wasser zusammengepreßt und specifisch schwerer. Da nun die vorhin um ein geringes schwereren Kugeln in dem Wasser zu Boden sanken, so müssen sie nunmehr in dem durch den Druck specifisch schwerern Wasser in die Höhe steigen. Allein dieser Versuch hat dem de Lanis nicht glücken wollen.

De Lanis Versuch ist an sich nicht übel ausgedacht, allein es liegt dabey in der That schon die Voraussetzung zum Grunde, daß das Wasser compressibel sey; denn alsdann konnte er erst behaupten, daß der angeführte Erfolg statt haben würde. Wollte man ihn aber doch als Beweis der Compressibilität des Wassers annehmen, so ist er ganz verwerflich und äusserst fehlerhaft. Dem de Lanis konnte es gar nicht unbekannt seyn, daß, wenn das Wasser durch Menschenkräfte zusammengedruckt werden sollte, eine weit größere Kraft, als bloß der Druck des Daumens

nöthig

nöthig sey; denn dieser ist offenbar gegen den Widerstand des Wassers ein Unendlich Kleines. Eben wegen dieses großen Widerstandes ist es ganz unmöglich, die Blase einzudrücken, wenn zwischen der Blase und dem Wasser keine Luft sitzen geblieben, und die Blase so stark befestiget worden, daß sie nicht nachgeben kann. Gesetzt aber auch, es wäre möglich, die Blase etwas einzudrücken, so kann ja der Glascylinder wegen seiner Elasticität gerade so viel nachgeben, als der geringe Druck des Daumens verursacht; ja zuletzt würde man Gefahr laufen, den Cylinder selbst zu zersprengen, wenn der Druck auf die Blase noch etwas stärker würde.

De Lanis meint, wenn die Florentiner Akademisten bey ihren Versuchen in den Röhren dergleichen Kugeln gebraucht hätten, so würden sie ohne Zweifel die Compressibilität des Wassers mit glücklichem Erfolge wahrgenommen haben. Allein wie leicht hätten dergleichen dünne Kügelchen durch den erstaunenden Druck des Quecksilbers zersprengt werden können, und alsdann hätten die Versuche eben so wenig, wie vorher, gelehrt.

Eis.

Ueber die Bildung des Eises hatten bereits die Mitglieder der Akademie zu Florenz sehr schätzbare Versuche angestellt (Th. II. S. 211. f.). Es blieben ihnen aber doch noch verschiedene Umstände beym Akt des Gefrierens unbemerkt, welche sie freylich bey dem damaligen Zustande der Wissenschaften sehr leicht übersehen konnten, und welche die nachfolgenden Physiker mit weit größerer Aufmerksamkeit zu betrachten im Stande waren, da sie auf die Haupterscheinungen weniger zu sehen hatten. Einer der ersten, welcher in diesem

sem Zeitraume über das Gefrieren des Wassers Versuche anstellte, war Mariotte[m]). Sie sind folgende:

1. Er ließ in einem kupfernen Gefäße in der Weite von ohngefähr 7 Zollen und in der Höhe von 6 Zollen Wasser gefrieren. Hier bemerkte er, daß sich anfänglich Eisfäden bildeten, welche sich nach allen möglichen Richtungen in dem Wasser erstreckten. Hierauf erweiterten sich diese Eisfäden zu sehr dünnen Lamellen, und nachdem er das Gefäß mit großer Behutsamkeit etwas neigte, um die Eislamellen zu sehen, welche sich auf dem Boden gebildet hatten, so fand er, daß sie alle ohngefähr 3 Linien breit, und unter sich ebenfalls drey Linien von einander entfernt waren.

2. Dieß nämliche Gefäß füllte er von neuem mit kaltem Wasser, und bemerkte anfänglich, wie vorhin, daß sich Eisnadeln und Eislamellen bildeten; hierauf erweiterten sich diejenigen Lamellen, welche auf dem Boden des Gefäßes entstanden waren, nach und nach immer mehr, und vereinigten sich zu einer zusammenhangenden Eismasse, welche den ganzen Boden bedeckte. Auch die Eislamellen auf der Oberfläche des Wassers verbanden sich mit einander; gegen die Mitte hin aber blieb eine kleine Stelle, welche nicht zufror, obgleich das Eis schon über einen Zoll dick war. Aus dieser Stelle drang nach und nach Wasser hervor, das sich über das Eis ergoß und gefror, und es entstand auf solche Art ein Loch, um welches sich eine erhabene Eismasse angelegt hatte, die einen kleinen Canal formirte. Nachdem sich endlich auch dieser Canal ganz schloß, so zersprang das Eis mit einem Getöse, noch ehe

m) Journal des savans. T. III. p. 25. sqq.

ehe alles Wasser, das sich in der Mitte befand, gefroren war.

3. Um nun die Ursache zu entdecken, warum das Wasser durch diesen kleinen Canal hervortrete, und das Eis zuletzt zersprengt werde, nahm Mariotte ein großes Glas von konischer Form, füllte es bis auf 3 oder 4 Linien vom obern Rande mit Wasser an, und gab genau auf alle Umstände beym Gefrieren desselben acht. Nachdem sich Eislamellen gebildet hatten, wovon einige durch Anlegung von Eisnadeln wie Petersilienblätter, andere wie eine Säge gezahnt aussahen, fiengen sich mehrere kleine Luftblasen auf dem Boden und an den Seitenwänden des Glases zu zeigen an, welche nach und nach größer wurden. Einige von diesen Blasen blieben im Eise, andere aber machten sich davon los, und stiegen in die Höhe. Je mehr das Wasser gefror, desto mehr bildeten sich solche Blasen. Indessen drang das Wasser durch den kleinen Canal beständig hervor, und gefror sogleich, als es sich über das Eis ergossen hatte; dadurch wurde aber das Eis um den Canal so hoch, daß es auf der einen Seite den obern Rand des Glases überstieg, und auf solche Art das Wasser aus dem Glase zu laufen anfieng. Um dieß zu verhindern, machte Mariotte auf der andern Seite eine kleine Oefnung durchs Eis, durch welche nunmehr das Wasser hervordrang. Endlich ward aber auch diese Oefnung mit Eis bedeckt, und da sich beständig noch im Wasser, welches nicht mehr gefrieren konnte, Blasen bildeten, so stiegen sie darin in die Höhe. Einige Zeit darauf zersprang das Eis, und er fand, daß es sich an zweyen Orten erhoben hatte, und daß sich in der Mitte des Eises noch ein wenig Wasser befand. Auch nahm er wahr,

daß

daß in dem ganzen Eise eine unendliche Menge sehr kleiner Blasen wie Punkte zerstreuet war, welche sich besonders gegen die Mitte des Glases am häufigsten fanden, und daß an der Stelle, wo sich das Wasser zuletzt in Eis verwandelt hatte, dasselbe gleichsam milchweis und wenig durchsichtig war, fast wie zusammengepreßter Schnee.

Diesen Erfahrungen zufolge glaubte Mariotte, daß die Ursache, warum das in dem Eise eingeschlossene Wasser sich nach und nach durch die Oefnung erhebt, blos in der Formirung der Blasen liege, welche, indem sie sich ausbreiten, das Wasser in die Höhe drucken. Daß aber der kleine Canal eine Zeitlang offen bleibe, rühre daher, weil durch die Bewegung des Wassers dasselbe nicht sogleich gefrieren könne. Wenn sich doch endlich auch diese Oefnung schließe, so müßten nun die Blasen, welche sich noch immer in großer Menge im Wasser bildeten, in einem solchen zusammengepreßten Zustande sich befinden daß ihre ausdehnende Kraft größer als der Zusammenhang des Eises werde, und folglich letzteres mit Gewalt von einander treiben müsse. Was endlich die Undurchsichtigkeit und schneeweiße Farbe des zuletzt gebildeten Eises betreffe, so habe diese Erscheinung ihren Grund in der unendlich großen Menge von Blasen, die in dem Eise zerstreuet liegen.

Die Entstehung der Blasen leitet Mariotte von einer luftförmigen Materie ab mit welcher das Wasser überall angefüllt ist, wie dieß die Erfahrung hinreichend lehre, wenn man Wasser in den luftleeren Raum einer Luftpumpe bringe. Der nämliche Erfolg zeige sich auch beym Sieden des Wassers. Man könne vielleicht, sagt Mariotte, die Entstehung dieser

Blasen beym Kochen des Wassers vom Feuer herleiten; allein er habe dergleichen Blasen noch nach 6 Wochen auf dem Boden einer mit Wasser angefüllten Schüssel gefunden, obgleich diese nicht mehr über dem Feuer stand, ja selbst alsdann, da sie einer sehr kalten Luft ausgesetzt war; und eben hieraus schließt er, daß diese Blasen unmöglich ihre Entstehung den Feuertheilchen zu verdanken hätten. Vielleicht aber, meinte er noch, könnten sie von der Materie des Gefäßes oder auch von der Luft, welche die Zwischenräume desselben enthielten, abstammen. Diese Vermuthung, welche er nicht für ganz unerheblich hielt, gab ihm Veranlassung, folgenden ganz eigenen Versuch anzustellen. Er schüttete Oel in ein ganz kleines Gefäß, und brachte auf die Oberfläche desselben einen Tropfen Wasser, hierauf setzte er das Gefäß über sehr gelindes Feuer, und bemerkte nicht, daß nur eine einzige Blase aus dem Oele aufstieg, aber aus dem Wassertropfen entwickelten sich Bläschen in Menge. Nachdem das Oel sich mehr erwärmte, fiel der Tropfen Wasser zu Boden, und die kleinen Bläschen stiegen aus ihm immer noch auf. Nicht lange darnach, welches ihm ungemein auffiel, entstand eine Art von Blitz, und in einem Augenblicke ward das Oel überall mit Blasen bedeckt, wovon einige viel größer als der ganze Wassertropfen waren. Aus dieser Erfahrung glaubte er nunmehr mit Gewißheit folgern zu können, daß die Materie, woraus sich die Blasen bilden, im Wasser enthalten sey, und daß sie sich während des Gefrierens in Luft verwandle.

Endlich wollte er auch noch erforschen, wie die Blasen entstehen, und wie sich die Eisnadeln bilden, welche gleich anfänglich beym Gefrieren erschei-

scheinen. Er hält es für sehr wahrscheinlich, daß die Flüssigkeit der wässerigen Liquoren von der beständigen Bewegung der luftförmigen Materie, die sie enthalten, abhange, und daß diese Bewegung von der Wärme unterhalten werde. Trete aber eine starke Kälte ein, so werde diese Bewegung so schwach, daß sie die Wassertheile nicht mehr antreiben könne, welche folglich nunmehr im Stande wären, sich an und neben einander zu legen, und mit einander zu verbinden; daher die Eisfäden und Eislamellen. Nachdem nun auf solche Art das Wasser gefriere, so mache sich die luftförmige Materie von selbigem los, treibe vermöge ihrer Elasticität das Wasser durch die kleine Oefnung im Eise in die Höhe, und zerdrucke endlich, wenn sich auch diese Oefnung geschlossen habe, das Eis selbst. Daß die Ruptur des Eises keine andere Ursache als diese zum Grunde habe, glaubte er aus folgender Erfahrung schließen zu dürfen.

4. Er brachte von neuem kaltes Wasser in das Gefäß n. 1., und nachdem es auf der Oberfläche allenthalben zugefroren war, so stach er ein Loch durch das Eis; sogleich sprang das Wasser über zwey Zoll hoch hervor. Diese Operation wiederholte er von Zeit zu Zeit, bis das Wasser durchaus gefroren war, und setzte es hierauf 2 Tage und 2 Nächte einer sehr kalten Luft aus. Allein das Eis dehnte sich nunmehr auch nicht um das geringste aus, obgleich anderes Eis, das nicht durchstochen war, am Volumen zunahm. — Mariotte bemerkte also schon, daß das Eis selbst nach seiner Entstehung am Volumen zunehme. —

5. Auch war er neugierig zu wissen, ob zur Ruptur des Eises viel Blasen erfordert würden; daher ließ er in demselben Gefäße abermals Wasser gefrieren,

 und

und durchstach das Eis von Zeit zu Zeit. Als sich das Wasser beynahe ganz in Eis verwandelt hatte, nahm er dasselbe aus dem Gefäße heraus und ließ es der Luft ausgesetzt. Eine Viertelstunde darauf zersprang es in zwey beynahe gleich große Stücke, deren jedes eine Hölung von ohngefähr 1 Zoll im Diameter besaß, welche den Raum ausmachte, den die Blasen nebst dem noch übrig gebliebenen wenigen Wasser einnahmen. Das Eis war durchaus über drey Zoll dick, und gleichwol hatten es die Blasen, die sich in dem noch wenigen Wasser gebildet hatten, zersprengt.

6. Endlich bemerkt Mariotte noch, daß mehrere Personen es versucht hätten, Brennspiegel von Eis zu verfertigen. Er meint aber, es sey so leicht nicht, hierin glücklich zu seyn, weil das gewöhnliche Eis keine vollkommene Durchsichtigkeit besitze. Seinen angeführten Erfahrungen zu Folge glaubt er, daß man viel reineres Eis erhalten könne, wenn man das Wasser vorher von der darin befindlichen luftförmigen Materie befreiet hätte. Zu dem Ende ließ er Wasser eine halbe Stunde lang über dem Feuer kochen, und setzte es nachher einer sehr kalten Luft aus. Neben diesem warmen Wasser stellte er auch in einem andern Gefäße kaltes Wasser, um die Erscheinungen von beyden mit einander vergleichen zu können. Das kalte Wasser fieng schon an zu gefrieren, da das warme erst kalt ward; endlich gefror aber auch dieses, und das Eis hatte auf zwey Zoll Dicke fast keine einzige Blase, so daß es vollkommen durchsichtig war. Aus einem Stücke von diesem Eise bereitete er sich eine auf beyden Seiten erhabene Linse, mit welcher er in sehr kurzer Zeit in dem Brennraume derselben Schießpulver anzünden konnte.

Man

Man war sonst der Meynung, daß gekochtes Wasser eher gefriere, als ungekochtes. Allein Mariotte und Perrault [n]) haben durch genau angestellte Versuche gefunden, daß das gesottene Wasser nicht geschwinder gefriert, als das ungesottene; nur war das Eis von ersterm härter und durchsichtiger, als das vom letztern. Perrault glaubte, daß das Eis von gesottenem Wasser deßwegen heller werde, weil der Schleim als eine irdische Materie sich im Kochen vom Wasser absondere. Allein fast allgemein glaubten die Naturforscher dieses Zeitraums diese Erscheinung vielmehr davon abzuleiten, daß durchs Kochen die im Wasser enthaltene Luft größtentheils ausgetrieben werde, und mithin bey der Gefrierung desselben sich nur noch wenig zurückgebliebene Luft entwickeln könne. Wolf [o]) insbesondere meint noch, daß, wenn ja das Wasser schleimigte Materie enthalten sollte, diese durchs Gefrieren vom Wasser abgesondert werde, welches ihm um desto wahrscheinlicher sey, indem, wenn man Alaunwasser gefrieren lasse, der Alaun oben wie ein zartes Pulver herausfriere. Auch könne er sich noch entsinnen, daß, als er noch jung gewesen wäre, Wasser, welches durch irrdische Materje trübe gemacht worden, beym Gefrieren diese Materie wie ein zartes Pulver abgesondert habe.

Hartsöker [p]) führt noch an, welches auch Homberg schon im Jahre 1683. bemerkt, daß Eis, welches aus Wasser gefriere, das von Luft gereinigt wor-

n) *du Hamel* historia Acad. reg. scient. lib. I. sect. II. cap. 3.

o) Nützliche Versuche. Th. II. Cap. VIII. §. 122.

p) Eclairciss. sur les conjectur. de physique. 1710. p. 62.

worden, schwerer als das Wasser sey und folglich darin untersinke. Allein Wolf bezweifelt, daß Hartsöker dieß aus Erfahrung gesagt habe. Er habe es bey aller nur möglichen Sorgfalt nie dahin bringen können, daß das Eis schwerer als Wasser werde. Ueberdem finde er auch, daß die Luft sich bey weitem nicht alle aus dem Wasser ziehen, noch durch die Kälte heraustreiben lasse; mithin komme es ihm viel glaublicher vor, daß jederzeit noch so viel Luft zurückbleibe, als erfordert werde, um das Eis etwas leichter als Wasser zu machen.

Auch wollte Homberg q) gegen die Erfahrung der Florentiner Akademisten wahrgenommen haben, daß im Sommer das Eis im luftleeren Raume schneller schmelze, als in der Luft. Den Grund davon suchte er darin, daß das Eis überhaupt bloß durch die Wirkung der feinen Materie (des Aethers) in flüssigen Zustand versetzt werde, und der leere Raum mit keiner andern Materie als mit dem Aether angefüllt sey.

Im Jahre 1708. hatte Gauteron r) zu Montpellier Gelegenheit, einige Beobachtungen über das Gefrieren anzustellen. Als er Wasser von allen Seiten mit Oel eingeschlossen hatte, gefror es um eine halbe Stunde später, als Wasser der bloßen Luft ausgesetzt; und das Eis, das sich gebildet hatte, war schwammartig und einen Zoll über der Oberfläche des Oels erhoben. Auch hatte er beobachtet, daß Wasser, welches nahe am Sieden war, ohngefähr eine halbe Stunde später, als kaltes Wasser gefror. Ueberdem bestätigte er noch Boyle's Erfahrung, daß der

q) Histoire de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1708.

r) Mémoire de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1709.

der Weingeist, das Nuß- und Terpentinöl schwer zum Gefrieren zu bringen sind.

Unter allen aber hat keiner eine größere Aufmerksamkeit auf die Entstehung und Bildung des Eises, so wie auf alle dabey obwaltenden Umstände, gerichtet, als der Herr von Mairan. Seine Schrift[s]), die zum erstenmale im Jahre 1716 herauskam, erhielt von der Akademie zu Bourdeaux den Preis. Sie enthält auch in der That alles merkwürdige, was nur beym Eise vorkommen kann, nur ist es Schade, daß alle seine Erklärungen auf ächt Carteſianischen Grundsätzen beruhen. Die damaligen französischen Gelehrten waren größtentheils noch große Anhänger von Cartesius, und ich halte es daher für nöthig, um sich den Zustand der Physik in jedem Zeitraume recht lebhaft vorzustellen, wenigstens das Wesentlichste von seinen Erklärungen mit beyzufügen.

Die Erscheinungen bey der Entstehung des Eises sind nach seiner Erfahrung folgende. Damit die Bildung des Eises desto genauer beobachtet werden könne, muß Wasser in einem nicht zu engen Gefäße von dünnem Glase einer zur Gefrierung hinreichenden Kälte ausgesetzt werden; nur muß die Kälte nicht zu heftig seyn, damit die Gefrierung nicht allzugeschwinde erfolge. Außer der längst bekannten Erscheinung, daß sich

s) Dissert. sur la glace, ou explication physique de la formation de la glace, et de ses divers phénomenes, qui a remporté le prix à l'Acad. roy. des scienc. de Bourdeaux. 1716. second. édit. à Bezier. 1717. 8. à Paris 1737. 8. stark vermehrt 1749. 8. Des H. von Mairan Abhandlung von dem Eise, aus dem Französ. Leipz. 1752. 8.

sich anfänglich auf der Oberfläche des Wassers Eisnadeln bilden, bemerkt er noch, daß diese Nadeln aus den Wänden des Gefäßes hervorzugehen scheinen, und mit den Wänden verschiedene spitzige und stumpfe, sehr selten rechte Winkel machen. Dieß, sagt er, habe auch schon Perrault wahrgenommen, wenigstens wenn man nach der Figur urtheilen solle, die er in dem 4ten seiner essais de physique p. 330. gegeben habe. Durch Verbindung solcher Eisfäden unter eben so verschiedenen Winkeln mit einander entstehen Eisblätter, welche an Anzahl und Stärke zunehmen, und zuletzt in ihrer Vereinigung eine einzige feste Masse ausmachen.

Um diese erste Erscheinung zu erklären, setzt Mairan mit Cartesius voraus, daß die Theile der flüssigen Materie (nach ihm fließenden Materie) in beständiger Bewegung sind, und daß diese Theile von der subtilen Materie (dem Aether) von allen Seiten gleichsam umringt sind, oder daß sie in dieser schwimmen, und nach allen möglichen Richtungen den Bewegungen folgen, welche sie ihnen mittheilen, der flüssige Körper mag entweder in der Luft stehen, oder im leeren Raume eingeschlossen seyn. Nun behauptet er, daß es wohl keinen Körper in der Natur gebe, welcher nicht einigermaßen unterbrochene oder ungleiche Theile besitze. So hätten also ohne Zweifel die flüssigen Körper einige Theile, welcher größer, weniger polirt, oder mehr an einander geruckt sind, als andere. Diese Theilchen wären aber weniger beweglich, und bildeten daher das erste Stückchen Eis; an dieses müßten sich nun die angrenzenden Theilchen anhängen, und eher als die entferntern gefrieren, weil es ihnen etwas von seiner Kälte mittheile. Diese Mittheil-

theilung geschieht nach seiner Vorstellung so. Je mehr die Theilchen dem Gefrieren nahe sind, je dichter sie sind, und je schwerer sie sich bewegen lassen, desto weniger vermag die subtile Materie, sie von einander zu trennen, und zwischen ihnen durchzufließen. Wenn sie sich endlich fast mit einander verbunden haben, so sind zwar die Durchgänge enger worden, aber sie verändern sich doch nicht mehr, und die subtile Materie kann nun durch selbige ungehindert sich bewegen. Es muß folglich die subtile Materie aus den Theilen des an das Stückchen Eis angrenzenden Wassers, zwischen welchen sie mit größerer Schwierigkeit sich bewegen würde, entweichen, und in die kleinen Canäle des Eisstückchens übergehen, indem sie hier mit größerer Leichtigkeit sich fortbewegen kann. Gedenkt man sich nun, daß die angrenzenden Wassertheilchen ein anderes Eisstückchen bilden, das sich mit dem erstern verbindet, so wird hieraus eine Länge entstehen, nach welcher die subtile Materie längere Durchgänge vor sich finden wird, worin sie folglich ihre Bewegung leichter fortsetzen kann, als sie es zuvor in einem einzigen thun konnte. Auf solche Art werden sich nun an diese bald mehrere nach einerley Richtung ansetzen, und wirkliche Eisfäden formiren.

Daß sich aber solche Eisstückchen mehr der Länge nach an einander legen, da es doch scheinen könnte, daß ihrer viele auf einmal um Ein Eisstückchen, wie um einen Mittelpunkt entstehen müßten, sucht er so zu erklären. Er setzt voraus, daß ein jedes Eisstückchen das im kleinen ist, was z. B. ein Paquet von ein Paar Dutzend Siegellackstangen im Großen ist; diese verstatten nämlich den Durchgang der Luft der Länge nach besser als quer durch; eben so müßten die ersten Eis-

stück-

stückchen der Länge nach mehrere Oefnungen für die subtile Materie lassen, als nach ihrer Breite, und sich daher vielmehr gerade hinter einander, als in andern Lagen, mit einander verbinden.

Die ersten Eisfäden liegen horizontal auf der Oberfläche des Wassers, 1. weil die Oberfläche der Kälte mehr ausgesetzt ist, als das Innere, und weil das Gefrieren von den äußersten Theilen des flüssigen Körpers seinen Anfang nehmen muß, 2. weil die Fäden, sie mögen an einem Orte entstehen wo sie wollen, wenn nur die Gefrierung langsam erfolgt, Zeit genug haben, sich nach der Oberfläche zu erheben, indem sie viel leichter sind, als ein eben so großes Volumen Wasser.

Die ersten Fäden setzen sich ordentlich mit dem einen Ende an das Gefäße an, 1. weil das Gefrieren an den dünnsten Stellen seinen Anfang nehmen muß, und der Rand der Oberfläche nahe an der Seitenwand gerade die Stelle ist, durch welche die Kälte am leichtesten dringen kann, 2. weil, wenn auch die Fäden in der Mitte des Gefäßes entstünden, sie sehr bald von selbst nach der Seitenwand der meisten Gefäße, worin man dergleichen Versuche anzustellen pflegt, gehen, und sich daselbst anhängen würden. Dieß beweise ein eigener besonders merkwürdiger Versuch, welchen man in einigen physikalischen Schriften beschrieben finde. Ein jeder Körper nämlich, an welchem sich Wasser hänge oder daran zerfließe, und der auf dem Wasser schwimme, bewege sich von selbst, wenn man ihn an irgend einer Stelle auf die Oberfläche des Wassers in einem Gefäße stelle, gegen die Seitenwand des Gefäßes, wofern nur dieß nicht übervoll sey, und das Wasser an selbigem sich ebenfalls hänge. Dagegen

gen werde sich derselbe Körper von der Seitenwand des Gefäßes hinweg und nach der Mitte der Oberfläche des Wassers bewegen, wenn das Gefäß inwendig mit Fett oder einer solchen Materie bestrichen werde, die sich schwer mit dem Wasser vereinige. Daher sey also klar, daß die Eisfäden, sie möchten an einem Orte der Oberfläche des Wassers entstehen, an welchem sie wollten, sich doch allemal dem Gefäße nähern und daran legen müßten.

Endlich setzen sich die Eisfäden gegen die Seiten des Gefäßes unter verschiedenen spitzen und stumpfen Winkeln an, und selten unter einem rechten. Hiebey hat nun Mairan besonders wahrgenommen, daß diese Winkel fast niemals unter 30, auch unter 60 Grade sind, welchen letztern Winkel die Eisfäden mehr als irgend einen andern zu machen pflegen, und wovon er in der Folge weitläuftig handelt. An diese ersten Fäden legen sich die zweyten unter eben den Winkeln, an diese zweyten noch andere u. s. f. bis ein ganzes Eishäutchen gebildet ist. Um dieß Gewebe am Eise näher zu betrachten, hatte Mairan in einem weiten flachen Gefäße Wasser sehr langsam gefrieren, und es durch zwey im Boden des Gefäßes befindliche Löcher abfließen lassen. Hier fand er in der Größe, Anzahl, Verbindung und Figur eine ungemein große Verschiedenheit. Oft, sagt er, sind es so unordentliche Figuren, daß sie uns gar nichts bekanntes darstellen; zuweilen haben verschiedene Haufen paralleler Fäden eine Aehnlichkeit mit der Zeichnung eines platten Feldes, worauf sich sonst nichts unterscheiden läßt, als die Züge der Furchen verschiedener Aecker. Oft stellt ein erster sehr starker Faden, welcher zu beyden Seiten eine große Menge zweyter Fäden

den hat, eine Feder mit ihren Bärten vor; oft stellen sich einige Fäden, die nicht bis zum Rande des Gefäßes haben kommen, noch sich an einen großen Faden anlegen können, um einen Mittelpunkt herum, und bilden Sternchen, oder ein Maltheserkreuz mit seinen Zierathen an den Rändern, oder tausenderley andere Figuren, nachdem es die Umstände so oder anders veranlaßt haben. Die am häufigsten sich darstellenden Figuren aber sind die von Stücken Blätter, auch wohl von ganzen Blättern. Der erste Eisfaden, der gewöhnlich der stärkste ist, giebt den Stiel des Blattes ab, die zweyten, die sich mit ihrem einen Ende an den ersten legen, und die dritten, die sich eben so an die zweyten setzen, stellen das übrige Gewebe vor, das man auf dem Rücken der Blätter sieht. Selbst die Auszackungen der Blätter sind daran deutlich zu erkennen, aber unter verschiedenen Mannichfaltigkeiten. Diese Auszackungen werden von den Rändern und Spitzen der zweyten Fäden gemacht, welche an einem der erstern hangen; denn die dritten und vierten Fäden, welche den Raum zwischen jenen ausfüllen, und das Netz vollends ganz machen, fangen sich allemal nahe beym Stiele an, wo mehr Eis ist, und wo die zweyten Fäden stärker und enger beysammen sind; und wenn in diesem Zustande die so gebildeten Blätter sich ein wenig über die Wasserfläche erheben, weil sie leichter als das Wasser sind, so werden sie eine Zeitlang von dem ganzen übrigen Eishäutchen, das um sie herum entsteht, unterschieden bleiben; denn die angrenzenden Eistheilchen setzen sich nicht so genau mit ihnen in einerley horizontalen Fläche. Wenn aber das Eis immer dicker wird, so werden auch die Ungleichheiten immer unmerklicher, so daß nachher die

Strahlenbrechung durchgehends dem Augenscheine nach gleichförmig wird.

Mairan meint, die Luft, die das Wasser enthalte, sey in eine unendliche Menge kleiner Theilchen zertheilt und durch den ganzen flüssigen Körper gleichförmig zerstreut; diese Theilchen sammleten sich nun bey der Entstehung des Eises zusammen, und da sie sich in diesem Zustande an der Stelle, wo das Gefrieren anfängt, mehr zusammengedruckt befinden, als auf der Seite, wo das Gefrieren später erfolgt, so begeben sie sich nach dieser Seite, und bilden oft große Blasen, welche 2 bis 3 Linien im Durchmesser besitzen. Denn eine jede sichtbare nasse Luft, welche vom Wasser umgeben sey, müsse eine kugelrunde Gestalt annehmen, vermöge ihrer ausdehnenden Kraft, die das Wasser auf allen Seiten gleich viel drucke. Gewöhnlich erscheinen die Luftblasen viel größer in der Mitte und bey der Axe des Gefäßes, als am Rande und bey der Oberfläche; gemeiniglich aber sind sie in viel größerer Anzahl auf dem Boden und am inwendigen Rande des Gefäßes, woraus sie zuweilen hervorzukommen, und woran sie gleichsam mit einem Stiele zu hangen scheinen, so daß sie die Form von Glastropfen besitzen, deren Kopf gegen die Axe des Gefäßes gerichtet ist. Dieß erfolgt daher, weil die Erkältung und das Gefrieren des Wassers an dem obersten Rande, an der Oberfläche, und an den dünnen Seiten des Gefäßes anfangen.

Wenn das Wasser langsam gefriert, so hat ein großer Theil dieser Luftblasen Zeit, herauszugehen; geschieht aber das Gefrieren plötzlich, so wird ihnen der Ausgang versperrt, und sie bleiben größtentheils im Eise zurück. Indessen wird aber doch immer ein

Theil

Theil Luft herausgehen, noch ehe die Eisrinde sich völlig gebildet hat, welches desto sichtbarer ist, je schneller das Gefrieren vor sich geht; denn eben hierdurch vergrößern sich die Luftblasen, und werden geschickter in die Höhe zu steigen, und herauszugehen. Läßt man Wasser in einem engen und tiefen Gefäße gefrieren, so ist gewöhnlich bey der Axe und am Boden eine so große Menge Luft beysammen, daß sie hinreichende Kraft besitzt, nicht allein aufzusteigen, sondern auch die erste entstandene Eisschale in der Mitte zu zerbrechen. Eben daher kommt es, daß die Oberfläche des Eises in der Mitte gewöhnlicher Weise erhabener wird, als am Rande, und dieß geschieht besonders alsdann, wenn die Luftblasen nicht eher empor zu steigen anfangen, als bis das Eis eine mittelmäßige Dicke erreicht hat. Kommen sie eher in die Höhe, so zerbrechen sie die Scheibe in der Mitte, und erhalten sie daselbst offen, bis beynahe das Wasser durchaus gefroren ist, wie solches schon Mariotte bemerkt hat. Und da sie im Herausgehen allemal ein wenig Wasser mit herausdrucken, so entsteht an dieser Stelle gemeiniglich ein Eishügel.

Von der Ausdehnung des Wassers während des Gefrierens giebt Mairan drey Ursachen an. Die erste ist die Menge der darin entstehenden sichtbaren Luftblasen. Er glaubt, daß die Luft, welche im flüssigen Körper enthalten ist, nicht mehr in der Form, in der wir sie beym Einathmen in uns ziehen, darin anzutreffen, sondern vielmehr von dem flüssigen Körper durchdrungen und zertheilt ist, mithin ihre Elasticität größtentheils verloren habe. Denn, sagt er, wäre sie wirklich als elastische Luft in dem Wasser enthalten, so sey es gar nicht zu begreifen, wie eine so erstau-

erstaunende Menge Luft in einem solchen kleinen Raume, aus dem sie sich entwickele, in einem so unendlich zusammengepreßten Zustande sich habe erhalten können. Unter andern führt er auch den oben angeführten Versuch des Mariotte an, welcher aus einem einzigen Tropfen Wasser eine solche Menge Luft erhielt, die über 10mal so viel Raum als der Wassertropfen selbst einnahm. Wie wäre dieß möglich, frägt Mairan, wenn diese Luft darin in ihrer elastischen Form gewesen wäre, so wie sie im aufgeblasenen Ballon ist? Es sey daher unendlich wahrscheinlicher, daß sie mit dem Wassertropfen innigst vermischt gewesen sey, und auf eben so eine Art, wie sie sich hernach wiederum hineinziehe, und darin von neuem auflöse. Zum Beweise dieser Behauptung führt er noch einen andern Versuch an, den schon Huygens[t]) und Boyle[u]), wiewol in ganz anderer Absicht und auf eine andere Art, angestellt hatten. Er brachte nämlich ein kleines Gefäß voll Wasser unter die Luftpumpe, und nach vorhergängiger Untersuchung seines eigenthümlichen Gewichts, oder seiner Dichtigkeit durch eine Wasserprobe, hatte er verschiedenemal in einem Zeitraume von fast 2 Tagen die Luft daraus gezogen, dabey aber dafür Sorge getragen, daß die äußere Luft während dieser ganzen Zeit fast immer bey gleicher Temperatur erhalten wurde. Nachher hatte er die Wasserprobe wieder darauf gebracht, welche sich jederzeit eben so tief, wie anfänglich, eintauchte. Hieraus schloß nun Mairan, daß die Luft, welche aus dem Wasser in großer Menge unter der Pum-

t) Journal des savans. an. 1672. à Amst. p. 112. sqq.
u) Philos. Trans. n. 62.

Pumpe sich entwickelte, darin keinen merklichen Raum eingenommen habe. Es sey also gewiß, sagt er, daß die Luft im Wasser, ehe es zum Gefrieren kommt, nicht in dem Zustande ist, als während des Gefrierens, da sie sich in großen und kleinen Blasen ansammlet, welche nicht nur aus den Zwischenräumen des Wassers heraustreten, und dadurch mehr Raum leer lassen, sondern auch wegen ihrer Elasticität das Ganze mehr aus einander treiben.

Die zweyte Ursache der Ausdehnung des Eises findet Mairan in der durch das Herausgehen der Luft veränderten Lage der Bestandtheile des flüssigen Körpers gegen einander. Die Erklärungen, welche er hievon zu geben versucht, sind mechanisch, und können, da sie auf bloß willkührlichen Voraussetzungen beruhen, auf keine Weise befriedigen. Er stellt sich nämlich die Bestandtheile der Luft ästig, oder wie Spiralfedern, die Bestandtheile des Wassers aber etwas länglicht, wie Cylinder, die an beyden Seiten abgerundet sind, oder wie Afterkugeln, vor. Dieß vorausgesetzt, sagt er, könne man ohne Unterschied annehmen, daß in ihrer innigsten Vermischung die Theilchen der Luft sich auf die Cylinder aufgerollt, oder daß die Theilchen des Wassers sich zwischen die Gewinde der Theile der Luft gesetzt haben, oder endlich, daß beydes zugleich geschehen sey. Hiernach lasse es sich nun leicht begreifen, daß die innere Bewegung oder das Aufwallen des Wassers, wenn es gefriert, eine zureichende Ursache sey, durch welche die Theile des flüssigen Körpers verruckt, und aus den Lagen gebracht werden können, die sie gegen einander hatten, als er noch vollkommen flüssig war. Wenn nun die subtile Materie und die Lufttheilchen sich aus

den Zwischenräumen des Wassers losreißen, so stoßen sie heftig an seine Theile, bringen ihrer viele aus der gemeinen Richtung, nach welcher sie vermuthlich einander fast parallel lagen, und verursachen, daß sie in die Queere und unordentlich über einander zu liegen kommen, welches nothwendig die Vergrößerung der ganzen Masse zur Folge haben muß.

Die dritte Ursach der Ausdehnung des Eises endlich setzt Mairan in das Bestreben, welches die gefrierenden Wassertheilchen so deutlich zeigen, sich als Fäden unter Nebenwinkeln von 60° und 120° an einander zu legen. Diese Eigenschaft läßt sich nicht allein an den Eisfäden unter einander selbst erkennen, sondern sie zeigt sich auch ganz unverkennbar an allen polirten Flächen solcher Materien, die einige Aehnlichkeit mit dem Eise haben, und an welche sie sich leicht anhängen, dergleichen das Glas, das feine Töpferwerk, das Porcellan u. a. m. sind. Auch in runden Gefäßen machen die entstehenden Eisfäden mit den Wänden eben diesen Winkel. Am deutlichsten und beständigsten giebt diesen Winkel das Eis von wässerigen und laugigten, oder urinhaften Materien. Die Ursache, welche diese Wirkung hervorbringt, sagt Mairan, sey uns unbekannt; vielleicht liege sie in dem Baue des Körpers selbst, durch welchen seine Theilchen zu der Bewegung oder Bestrebung fähig gemacht werden, die ihnen eine feine flüssige Materie eindruckt, welche sich zwischen ihnen, oder in den Theilen selbst, bewegt, und in diese beständige Zusammenfügung bringt, welche einmal den Winkel von 60 oder von 120 Graden zum Grunde hat.

Aus diesem Bestreben nun, welches die Erfahrung hinreichend beweiset, folgt augenscheinlich eine Aus-

breitung und Anschwellung des gefrierenden Wassers; denn länglichte Theile, wie die Eisfäden, welche sich bestreben, unter irgend einem Winkel sich mit einander zu vereinigen, müssen sich nach der Gegend, die dem Orte ihrer Verbindung entgegengesetzt ist, nothwendig von einander sperren, und zwar desto weiter, je größer derselbe Winkel ist, oder je mehr er einem rechten Winkel nahe kommt. Diese Ursache der Ausdehnung des Eises hält Mairan für die stärkste unter allen angegebenen; denn, sagt er, die beyden ersten Ursachen sind keinesweges erdichtet; aber wenn sie mit der dritten und mit der Erfahrung verglichen werden, so scheinen sie schwach, in gewissen Fällen eingeschränkt, und oft unzulänglich zu seyn. Die beyden erstern müßten zu wirken aufhören, oder sehr schwach wirken, wenn das Wasser entweder durch wiederholtes Kochen, oder mit Hülfe der Luftpumpe von Luft wohl gereinigt worden wäre; allein daß dieß geschehe, sehe man nicht. Das Eis, welches aus solchem Wasser entstehe, erlange beynahe einen eben so großen Zuwachs an Raum, als das Eis aus ordentlichem Wasser; ein Beweis, daß es im Wasser noch eine andere Ursache der Ausdehnung geben müsse, die von den beyden erstern nicht abhange, und vermuthlich viel stärker sey, als beyde.

Wenn man übrigens auf nichts sehen wollte, als auf die Kraft der in den Blasen eingeschlossenen Luft in dem flüssigen Körper, und auf die Gewalt, welche sie also haben müßte, die Gefäße zu zersprengen, wie man sieht, daß es das Eis thut, so würde die Wirkung größer zu seyn scheinen, als daß sie von ihrer Ursache, die man in der Luft allein suchen wollte, herkommen könnte. Und was die Zerrüttung anlange,

welche in dem Augenblicke, da das Wasser gefriere, durch die aus seinen Zwischenräumen herausfahrende Luft unter seinen Theilchen angerichtet wird, so sey es nicht leicht zu begreifen, daß, da die daher entstehende Wirkung der angewandten Kraft proportionirt seyn muß, hieraus die so große Ausdehnung des Eises entstehen könnte, dafern nicht noch eine andere Ursache mit im Spiele wäre.

Auch hat Mairan Versuche angestellt, es mit Gewißheit auszumachen, ob die ältere Meynung, daß das abgesottene Wasser eher, als das ungekochte, gefriere, gegründet sey, oder nicht. Er fand das nämliche Resultat, wie Mariotte und Perrault. Er brachte zwey gleich große Theile Flußwasser, wovon der eine Theil abgesotten war, in zwey gleiche und ähnliche Gefäße, und etwa nach ein Paar Stunden, als beyde Theile gleiche Temperatur hatten, setzte er sie der Kälte aus, und beyde gefroren zu gleicher Zeit. Bey der oftmaligen Wiederholung zeigte sich mannichmal nur ein kleiner Unterschied von 1 oder 2 Minuten, so daß bald das abgesottene, bald das ungekochte eher gefror. Mairan meint sogar, daß unter übrigens gleichen Umständen das abgekochte Wasser noch eher, als das ungesottene gefrieren müsse. Denn obgleich nicht alles, sagt er, was aus dem siedenden Wasser in Gestalt der Luftblasen aufsteigt, wirklich lauter Luft ist, sondern zum Theil auch wohl entweder ein dünner Dampf, oder eine Art von luftleerem Raume, oder bloß subtile Materie, oder Feuer, seyn kann; so ist dennoch kein Zweifel, daß durchs Sieden eine Menge Luft ausgetrieben wird. Da nun diese starke Bewegung in dem gefrierenden Wasser das Gefrieren selbst aufhalten muß, so scheint es, daß

abgekochtes Wasser, in welchem während des Gefrierens nicht so große Luftblasen aufsteigen, die es zertheilen und es beym Herausgehen nach der Oberfläche bewegen, nach Verhältniß eher gefrieren müsse, als ungekochtes Wasser, welches diesen Bewegungen mehr unterworfen ist.

Uebrigens sucht er noch dem Einwurfe zu begegnen, daß das abgesottene Wasser während der Zeit seines Kaltwerdens wieder von neuem Luft einsaugen könne, wodurch es wieder in eben den Zustand versetzt werde, als wenn es nicht gekocht wäre, indem es schon durch längst angestellte Versuche bekannt sey, daß die Luft, welche dem Wasser entzogen ist, in ihm nicht eher als in 7 bis 8 Tagen wieder völlig ersetzt werde.

Eine besonders merkwürdige Erscheinung am Wasser, welches einem größern Grade der Kälte ausgesetzt ward, als der gewöhnliche Grad des gefrierenden Wassers ist, bemerkte der berühmte Fahrenheit im Jahre 1721 x). Er hatte nämlich eine gläserne hohle Kugel von etwa 1 Zoll im Durchmesser genommen, in welche eine kurze Röhre von 2 bis 3 Zoll lang gieng, und sich in eine Spitze endigte. Diese Kugel hatte er zu verschiedenen malen heiß gemacht, und sie auf diese Art ungefähr bis zur Hälfte mit Regenwasser angefüllt. Als er sie nachher wieder aufs Feuer gesetzt, und die Luft aus ihr so viel als möglich ausgetrieben hatte, so schmolz er sogleich die Spitze der Röhre an einer Flamme zu. Diese so zubereitete Vorrichtung setzte er am 2ten März 1721 einer Kälte aus, welche nach seinem Thermometer 15 Grad betrug, und fand das Wasser am andern Morgen noch flüssig, ob gleich die

x) Philosoph. Transact. 1724. n. 382.

die Kälte auf einerley Grad geblieben war. Er brach nun die Spitze ab, und sahe das Wasser augenblicklich mit kleinen Eissplittern vermischt, woraus er anfänglich schloß, der Mangel der Luft habe das Gefrieren des Wassers gehindert. Bey wiederholtem Versuche aber lehrte ihn ein Zufall, daß vielmehr die Ruhe das Gefrieren hindere, und eine kleine Bewegung hinreiche, ein so stark erkältetes Wasser in Eis zu verwandeln. Er stieß mit dem Fuße an, als er eine solche Kugel in der Hand trug, und sogleich war das ganze Wasser mit Eissplittern vermischt. Hoc fortuito casu, sagt er, edocebar, glaciem in aqua satis frigida agitatione produci posse, simulque iudicii errorem agnoscebam, quod nempe absentiae aëris fluiditatem aquae attribuissem. Er bemerkt, daß diese Eissplitter eine Zeitlang mit dem Wasser vermischt geblieben wären, und die ganze Masse wie im Anschießen von Salze ausgesehen habe; überdem habe auch sein Thermometer, in dieß Gemisch von Eis und Wasser gebracht, allezeit 32 Grad, oder den wahren Eispunkt angezeigt, obgleich das Wasser vorher kälter gewesen sey.

Ueber die Festigkeit des Eises hat Mairan verschiedene Versuche angestellt. Er bemerkt, daß es viel härter und fester werde, je langsamer das Wasser gefriere, weil es alsdann die wenigsten Luftblasen enthalte. Um sich einen allgemeinen Begriff von der Festigkeit des Eises zu machen, ließ er Wasser in einer Röhre, die im Lichten 4 Linien weit war, gefrieren; den daher entstandenen Eiscylinder legte er auf zwey Stützen 6 Zoll weit von einander, und fand, daß es von 1 Pfunde, 1 Unze und 2 Quent., in der Mitte aufgehängt, noch nicht zerbrach.

Ueber das Anhängen oder Ankleben des Eises an feste Körper hat Varignon [y]) einen Versuch angestellt, aus welchem erhellet, daß ein kreisrundes Stück Eis von fast 3 Zollen im Durchmesser und 3 Unzen 2 Quent. am Gewicht, welches sich mit seiner Grundfläche an eine Fensterscheibe vor 6 Minuten angelegt hatte, mit einer Kraft von etwas mehr als 16 Pfund nicht konnte loßgerissen werden.

Daß das Eis, selbst in der größten Kälte, sehr stark ausdunstet, hatte bereits Boyle durch verschiedene Versuche erwiesen (Th. II. S. 218.). Die Umstände, mit welchen er besonders einen Versuch, wo noch nicht 2 Unzen Eis in einer Nacht 10 Grän am Gewichte verloren hatten [z]), erzählt, geben zu erkennen, daß er sich hierüber gewundert habe. Nach der Zeit haben Mehrere Versuche über die Ausdünstung des Eises angestellt, und gefunden, daß sie desto stärker ist, je größer die Kälte ist. Unter andern setzte Gauteron [a]) am 12ten Dec. 1708. Eine Unze gemeines Wasser Abends um 6 Uhr in einem porcellanenen Becher dem Froste aus, welches durchaus gefror. Am andern Morgen wog er das Eis, und fand es 24 Grän leichter, als das Wasser. Ueber diese beträchtliche Abnahme des Gewichts, welche das Wasser während des Gefrierens erlitten hatte, wunderte sich Gauteron. Nachdem nun dieß Eis geschmolzen war, hatte das Wasser noch einen Verlust von 12 Grän gehabt, so viele Vorsicht er auch gebrauchte, diese zweyte Ausdünstung zu verhüten. Diesen nämlichen Ver-

y) Histoire de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1691.

z) De atmosphaeris corporum consistentium. Genev. 1680. 4. p. 4.

a) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1709.

Versuch wiederholte er einige Tage darauf, und das Resultat war beynahe das nämliche, wie beym ersten Versuche, nur daß die Ausdünstung viel stärker war, weil die Nacht über ein kalter Wind sehr stark geblasen hatte.

Ein anderes mal setzte er gemeines Wasser, Branntwein, Olivenöl, Nußöl, Terpentinöl und Quecksilber, von jedem Eine Unze, dem Froste aus. Das Wasser fror bald, und ward in Einer Stunde 6 Gran leichter, das Nußöl 8 Gran, Branntwein und Terpentinöl 12 Gran, das Olivenöl und Quecksilber schienen am Gewichte mehr zu- als abgenommen zu haben. Am andern Morgen war das gefrorne Wasser 36 Gran, daß Nußöl, welches nicht fror, 40, Branntwein und Terpentinöl, die ebenfalls nicht froren, jedes 54 Gran leichter geworden. Das Quecksilber und Olivenöl blieben beynahe in einerley Zustande. Dabey merkt er überhaupt an, daß die Ausdünstung bey starkem Froste und Winde größer, als bey geringer Kälte und stillem Wetter gewesen sey.

In einer sehr großen Kälte verlor eine Eismasse von 7 Uhr des Morgens bis 1 Uhr Nachmittags 36 Grän, und von 1 Uhr bis Abends 8 Uhr wiederum 36 Grän. Die Nacht durch war die Ausdünstung beynahe die nämliche, so daß also die Eismasse binnen 24 Stunden eine Verminderung des Gewichts von ohngefähr 100 Gran erlitten hatte. Gauteron schien sich über diesen Erfolg zu verwundern, indem er meinte, daß eine solche Kälte mehr geschickt zu seyn scheine, das Eis fester zu machen, als nur den geringsten Theil davon verflüchtigen zu lassen.

Ueberdem bemerkt er, daß in der Nacht vom 10ten bis zum 11ten Januar, in welcher die Kälte

zu Montpellier so heftig gewesen wäre, daß fast kein Mensch im Bette sich hätte erwärmen können, die Ausdünstung der Liquoren außerordentlich stark gewesen sey; das gemeine Wasser verlor 48 Gran, das Nußöl 54, das Terpentinöl und der Branntwein jedes 72 Gran.

Um nun zu erklären, warum bey einer so heftigen Kälte die Ausdünstung so außerordentlich stark ist, setzt er folgende damals unter den meisten französischen Gelehrten fast allgemein angenommenen Grundsätze voraus: daß die ätherische Materie der Grund der Bewegung aller flüssigen Körper sey, und daß die Luft ein Salz enthalte, welches mit dem Salpeter viel Aehnlichkeit besitze. Wenn nun die ätherische Materie durch die Kälte viel von ihrer Thätigkeit verliere, so müßten die flüssigen Materien eine Art von Erstarrung erleiden. Daraus folge, daß die Luft im Winter weit mehr condensirt seyn müsse, als zu irgend einer andern Jahrszeit. In einer solchen condensirten Luft suchten sich die in ihr in kleinen Theilchen zerstreuten Salpetertheilchen näher mit einander zu vereinigen, und größere Klümpchen (molecules) zu bilden. Durch diese Vergrößerung müsse aber dieß Salz viel von seiner wirkenden Kraft verlieren; durch die Vermehrung der Masse aber müsse die noch übrige Kraft derselben eine sehr große Bewegung ertheilen, so daß sie gegen die Theile der flüssigen Materien mit der größten Heftigkeit stoße, und auf solche Art in die Atmosphäre bringe. Hierin, meint er, liege der wahre Grund der starken Ausdünstung während einer großen Kälte.

Indessen sey die mit Salpetertheilchen angefüllte Luft kein Hinderniß der Bildung des Eises, sondern viel-

vielmehr dazu unmittelbar behülflich. Denn die ätherische Materie, welche den flüssigen Materien ihre nöthige Bewegung, um flüssig zu seyn, ertheile, und welche schon durch die Kälte viel von ihrer Kraft verloren habe, werde bey größerer Kälte durch die stärkere Wirkung der mit so vielen Salpeterklümpchen geschwängerten Luft auf die Flüssigkeiten noch mehr geschwächt, und dadurch ungeschickter gemacht, die Bewegung der flüssigen Materien zu unterhalten. Mit einem Worte, man könne die Luft während des Gefrierens als eine Mischung von Eis und Salz betrachten, deren man sich bey künstlichen Gefrierungen bediene. Hiebey sucht er sogleich die Meynung des Mariotte zu widerlegen, welcher glaubt, daß die starke Ausdünstung des Eises von der großen Entwickelung der luftförmigen Materie während des Gefrierens abhänge.

Mairan hat im Jahre 1716 zuweilen gefunden, daß Eis, welches in der Luft und im Nordwinde gelegen, binnen 24 Stunden mehr als den 5ten Theil seines Gewichts verloren hatte. Um von der so starken Ausdünstung des Eises einen Grund anzugeben, erinnert Mairan, daß das Eis, weil es fast allemal auf seiner Fläche Runzeln, Züge und Ungleichheiten hat, mehr Fläche besitze, als das Wasser, aus welchem es entstanden ist. Nur die Härte des Eises, meint er, könne verursachen, daß seine Ausdünstung nicht so leicht vor sich gienge, als die Ausdünstung des Wassers; und er zweifle nicht, daß die kleinen Flocken Luft, welche auf das Eis stoßen, mehr Widerstand da finden, als auf dem Wasser, indem sie sich ohne Zweifel mehr bemühen müßten, einige Theilchen loß zu reißen; allein wenn dagegen einmal die Luft einige Stückchen von dem Eise abreiße, so wären sie vermuthlich größer, als

als die Theilchen, die sie von dem Wasser fortführe, welches eine Folge der großen Gewalt sey, die sie dort anwende. Auch müsse sie ordentlich viele kleine Splitter mit demjenigen Stückchen Eis, an welches sie stoße, fortreißen, und alle umliegende Stückchen erschüttern. Hierin müssen ihr auch die kleinen Luftblasen nahe bey der Oberfläche, ihre Kraft auszudehnen, behülflich seyn. Wenn man diese Umstände mit den Umständen einer größern Fläche und der Leichtigkeit des gefrornen Wassers verbinde, so sey es nicht mehr so gar schwer zu begreifen, warum die Ausdünstung bey starker Kälte so beträchtlich seyn könne.

Aus allen diesem ersieht man, was für Schwierigkeiten man bey der Ausdünstung des Eises in großer Kälte zu finden glaubte. Der Grund hievon lag bloß darin, daß die französischen Gelehrten die Naturerscheinungen nach dem Cartesianischen System erklären wollten. Weit richtiger dachte schon der Herr von Wolf b). Man dürfe sich auf keine Weise wundern, sagt er, daß das Eis in strenger Kälte ausdunste, vielmehr würde es ein Wunder seyn, wenn es in mäßiger Kälte eben so stark, wie in der strengen erfolge. Wenn man sich nur die Ausdünstung so vorstelle, wie er gezeigt, und von mir oben angezeigt worden, daß nämlich die Dünste auf keine andere Weise entstehen, als wenn die Luft von der Wärme ausgedehnt werde, und Bläschen bilde, so falle alle Schwierigkeit weg. Um nun zu zeigen, daß dieß bey starker Kälte geschehen könne, bemerkt er vor allen Dingen, daß, wenn ein kalter Körper einen andern weniger kalten berührt, der letztere dadurch noch kälter werde. Z. B. wenn das Wasser kälter ist, als ein Stein, und man hängt die-

b) Nützliche Versuche. Th. II. Cap. VI. §. 86.

diesen in jenes, so wird er noch kälter, als er vorher war. Wenn also die Luft kälter werde, als sie vorher war, so müsse auch das Eis darin kälter werden. Darüber dürfe man sich nicht wundern; denn das Eis habe keinen bestimmten Grad der Kälte. Es thaue von der Wärme auf, aber nicht gleich von einer jeden, und doch könne es nicht so kalt als vorher seyn, wenn es schon einige Wärme in sich genommen. Eben daher müsse auch die Kälte des Eises nachlassen, wenn die Kälte der Luft nachlasse, und also auch zunehmen, wenn diese zunehme. Man wisse ferner, daß die Kälte auch die Luft aus dem Wasser treibe, und weil das Eis nichts anders als Wasser sey, das seine Wärme verloren, gleichwie es wieder Wasser werde, wenn es seine gehörige Wärme erhalte, so müßten die kleinen Theilchen im Eise hin und wieder noch flüssig seyn. Da wir nun gewahr würden, wie die Wärme, wenn sie aus dem kalten Wasser in die Luft gehe, auch Dünste mit sich führe d. i. die Luft ausbreite, so müsse auch hier die Wärme, wenn sie aus dem Eise gehe, die Luft, welche zugleich herausgejagt werde, ausbreiten, damit sie die noch nicht gefrornen subtilen Tröpschen Wasser im Eise aufblase, und mit sich fortführe. Ja, wenn man erwäge, daß das Eis noch ausdunste, und dabey bedenke, wie die Ausdünstung geschehe, so könne man daraus lernen, daß das Eis noch Wärme in sich habe, und kälter werden könne, und daß es noch nicht ganz stehend, sondern vielmehr in seinen kleinen Theilen noch flüssig sey.

Nachdem Mairan alle Erscheinungen, welche nicht allein während der Entstehung des Eises, sondern auch nach der Bildung desselben statt finden, umständlich angeführt hat, so geht er nunmehr zu den Phä-

Phänomenen fort, welche das Eis beym Schmelzen zeigt. Die Schmelzung des Eises geschieht von denjenigen Ursachen, welche den Ursachen, die es erzeugten, entgegengesetzt sind. Nach Mairans Hypothese verursacht die Schwächung der ätherischen Materie, welche in den Räumchen zwischen den Bestandtheilen des Wassers enthalten ist, daß das Wasser zu Eis wird; daher müsse eine Verstärkung der Menge, der Bewegung und der ausdehnenden Kraft derselben Materie das Eis wieder zu Wasser machen. Die allgemeine Ursache, nicht allein das gefrorne Wasser wieder flüssig, sondern auch das flüssige hart oder zu Eis zu machen, wirke nicht anders, als durch Berührung entweder fester oder flüssiger Körper, welche das Eis umgeben, nachdem sie mehr oder weniger warm seyn, und welche der ätherischen Materie, die in die Zwischenräume des Eises oder zwischen seine Bestandtheile dringe, eine größere oder geringere Bewegung und ausdehnende Kraft mittheilten. Das Eis zergehe desto schneller, je dichter der wärmere Körper sey, der es berühre. So werde ein Metall, das nicht so kalt als Eis sey, dasselbe darauf gelegt eher schmelzen, als Holz oder Wolle bey derselben auch wol noch größern Wärme. Eben so werde Eis im Wasser eher, als in der Luft, schmelzen, weil die Luft nur aus kleinen Flocken von Faden oder Schiefern zusammengesetzt sey, die 800 bis 900mal leichter, als gleich große Theile des Wassers wären, welches eben so viel sey, als ob diese Faden oder Schiefer 800 bis 900mal kleiner wären. Ueberdem schwäche in dieser Rücksicht vermuthlich die Luft durch ihre Spiralen und ihre Aeste die subtile Materie weit mehr, als sie ihr durch die groben Theilchen, woraus sie zusammengesetzt sey, beystehe.

Ueber-

Ueberhaupt schmelze das Eis in der Luft nur sehr langsam. Hierauf beruhe zum Theil die so nützliche Erfindung der Eisgruben und die Erklärung des beständigen Eises auf hohen Bergen und in den Polarländern. Nach Mairan ist es der ätherischen Materie leichter, aus den Räumchen zwischen den Bestandtheilen des flüssigen Körpers herauszugehen, oder darin etwas von ihrer ausdehnenden Kraft zu verlieren, als hineinzukommen, oder die verlohrne ausdehnende Kraft wieder zu erlangen, wenn sich einmal die Bestandtheile mit ihren Flächen an einander gelegt haben, und viele dieser Theile ihr nicht den geringsten Eingang lassen, daß sie solche von einander bringen, und den Druck der äußern feinen Materie, die sie zusammenhalte, überwinden könnte. Uebrigens halte er fast allezeit für nothwendig, daß die subtile Materie die Theilchen des Eises zuvor durch Stöße erschüttere, ehe sie zwischen dieselben eindringen könne; und da die Stäubchen der subtilen Materie fast unendlich klein sind in Vergleichung mit den Bestandtheilen des Eises und des Wassers, so könne sie diese Erschütterung nur durch ihre große Menge, durch ihre sehr heftige Bewegung, und in einer ansehnlichen Zeit, bewerkstelligen.

Das Zergehen des Eises fängt an seiner ganzen der Luft ausgesetzten Oberfläche an; anfänglich bemerkt man eine Art von Schwitzen auf selbiger, wodurch es trüber und undurchsichtiger wird; dieß sind nämlich viel Wassertröpfchen, welche das Licht verschiedentlich zurückwerfen. Durch Vereinigung dieser Tröpfchen bilden sich nach und nach kleine Adern oder herabrinnende Bäche von Wasser, welche gleichsam Furchen oder Vertiefungen in das Eis eingraben. Wenn die Kälte geschwind nachläßt, und viele Grade gelinder wird,

wird, als die Frostkälte ist, und dabey ein feuchter Wind wehet, so erhält die Oberfläche des Eises bald die schönste Politur, und wird ganz durchsichtig, weil das Wasser, welches von allen seinen Flächen häufig abläuft, alle Unebenheiten wegnimmt. Die Eisfäden, mit welchen das Gefrieren anfieng, erhalten sich gemeiniglich am längsten, wie man besonders an aufthauenden dünnen Eisscheiben wahrnehmen kann. Da nun auf solche Art ein Theil des Eises immer eher, als der andere schmilzt, so wird die Eismasse, wenn sie allenthalben der freyen Luft ausgesetzt ist, zuletzt ein lockerer durchlöcherter Körper, der sich sehr leicht zusammendrucken läßt.

Von dem Thauwetter macht Mairan verschiedene Bemerkungen, welche hier angeführt zu werden verdienen. Als allgemeine Ursache des Thauwetters nennt er die Wiederkunst der Sonne zu unserer Halbkugel, ihre nicht mehr so schief auffallende Strahlen, den kürzern Weg, den sie durch die Atmosphäre und die Dünste zu nehmen haben, die Niederschlagung der salpetrichten und salzigen Körperchen, welche in der Luft zerstreuet sind, die warmen und feuchten Südwinde, und nach seiner ihm eigenen Hypothese vor allen andern die Aufschließung der äußern Theile des Erdbodens durch einen häufigen Ausbruch der innern Dünste, die aus dem Schooße der Erde oder von dem Mittelpunkte der Erde ausfließen.

Die gewöhnlichsten und bekanntesten Folgen des Thauwetters sind das Austreten der Flüsse, die Zerstörung der Brücken durch den Stoß der starken Eisschollen, welche die kleinern und größern Flüsse mit sich führen, und die Berge von Eis, die zuweilen an gewissen Orten ihres Stromes, oder in der Mitte

der

der Eismeere durch die Anhäufung der Eisschollen, welche von den Wellen mit Heftigkeit auf einander geworfen werden, entstehen.

Nicht viel schwerer, sagt er, ist es zu erklären, warum die Kälte der Luft empfindlicher zu werden scheint, wenn sie ihrem Ende nahe ist, und das Thauwetter einfallen will. Es ist dieses fast allemal nichts weiter, als ein bloßer Betrug unserer Sinne, wie das Thermometer beweiset, welches fast allemal zu Anfang des Thauwetters steigt. Aber es verbreitet sich alsdann in der Luft eine so große Menge wässerichter Theilchen, oder kleiner Stückchen zerschmolzenen Eises, die noch sehr kalt, und allemal in Vergleichung mit der Luft sehr dicht sind, daß sie, indem sie sich an unsere Haut viel genauer anlegen, als die Luft, in uns eine Empfindung von Kälte machen, welche die trockene Luft zuvor nicht gemacht hatte. Daher kommt es, daß ein Nebel, welcher nicht so kalt als die reine Luft ist, die ihn umgiebt, uns doch viel kälter vorkommt, als die Luft. Es ist wahr, daß gewöhnlich das Thermometer niemals so tief ist, als kurz vor dem Einfallen des Thauwetters; allein das macht, weil die Kälte, die zugleich Ursache und Wirkung des Frostes ist, fast allezeit immer wächst, bis das Thauwetter einfällt. Gleichwol ist es auch nicht zu läugnen, daß in dem Augenblicke, da das Eis eines ganzen Landes aufzuthauen anfängt, eine wirkliche Kälte durch die Luft sich verbreitet. Mairan erklärt dieß aus der Menge der ätherischen Materie, welche alsdann auf das Schmelzen verwendet, und der Luft und den Körpern entzogen werde.

In den temperirten Climaten scheinen das Frost- und Thauwetter bloß zufällig zu seyn. Die allgemeine

Ursache von dem Wechsel der Jahrszeiten ist daselbst nicht so stark, daß sie das eine oder das andere zu bestimmten periodischen Zeiten, oder auf eine beständige Weise hervorbringen sollte. In Paris gefriert und thauet es zuweilen vor, öfter aber nach dem kürzesten Tage, und, von einem Jahre zum andern, in sehr verschiedenen Zeiten des Winters. Man hat daselbst Winter ohne Eis, und Frühlinge, Herbste, ja sogar Sommer mit Frösten. Man könnte fast zweifeln, ob daselbst die allgemeine und beständige Ursache jemals den Frost veranlasse, wenn sich diese Ursache nicht dadurch zeigte, daß es weit mehrere Winter giebt, in welchen es friert, als solche, in welchen es nicht friert. Aber wenn man näher an die Linie kommt, so findet man gewiß Länder, in deren Parallel es aus dieser Ursache allein nie frieren würde; so wie es gegen die Pole zu vermuthlich Länder giebt, wo es immer frieren müßte.

Mairan meint, daß diejenigen Körper desto länger ihre Wärme oder Kälte behielten, je größer bey sonst gleichen Umständen ihr eigenthümliches Gewicht wäre. Selbst ihre Fläche nehme nicht leicht die Wärme oder Kälte dessen, was um sie herum sey, eher an, als bis sie schon genug in ihr Inneres gedrungen sind. Dieß vorausgesetzt lasse es sich sehr leicht einsehen, warum sich nach langen anhaltenden Frösten beym Thauwetter an dicken Mauern Eis oder Schnee anlege. Es drucke nämlich ein anhaltender und harter Frost den festen Körpern, dergleichen die dicken Mauern sind, eine Kälte ein welche noch ziemlich lange daure, wenn schon das Thauwetter die Luft wieder erwärmt habe. Auf solche Art zeigen sich die inwendigen Seiten der Mauern, die Treppen und die andern

Mauern in einem Gebäude, wenn in ihrer Nähe kein Feuer gemacht wird und die Sonne sie nicht bescheinen kann, nach langen und starken Frösten ganz mit Eis oder Schnee tapezirt, weil die Luft, welche ein sehr dünner Körper sey, den Wärmegrad, den das Thauwetter mitbringe, leicht und lange zuvor annehme, ehe derselbe durch die dicken Mauern dringe, welche noch so kalt, oder wol kälter als das Eis blieben, und weil überdem die Luft während des Thauwetters mit vieler Feuchtigkeit und geschmolzenen Eistheilchen angefüllt sey. Alle diese Wassertröpfchen oder Bläschen legten sich an die Mauer an, und machten über einander gehäuft eine lockere schwammigte Rinde von Eis, welche wie zerstoßenes Eis aus fast gar keinen zusammenhangenden Theilchen bestehe, und dem Schnee sehr ähnlich sehe. Lange Fröste würden fast allemal sehr stark, und hätten Zeit genug, die Steine zu durchdringen; daher zeige sich nach ihnen auch allemal diese mehligte Rinde.

Es sey ein Irrthum, daß man glaube, diese Art von Schnee rühre von einer Feuchtigkeit her, die aus der Mauer hervordringe. Denn aus der Mauer, welche so kalt, und wol noch kälter, als das Eis, sey, könne keine Feuchtigkeit herausgehen, weil alle darin enthaltene Feuchtigkeit gefroren seyn müsse.

Etwas ähnliches zeige sich an dem auswendigen Rande der metallenen, porcellanenen und irdenen Eimer, die mit Eis gefüllt sind, um das Getränke darin abzukühlen. Diese Gefäße würden ganz mit Wassertröpfchen bedeckt, welche ihnen ein trübes und mattes Ansehen gäben. Diese Tröpfchen kämen aus der

 äußern

äußern Luft von den Dünsten, welche aus dem zergehenden Eise aufstiegen, und welche sich zuweilen in den Eisgruben, wie ein Rauch, sehen ließen. Sie würden am Eimer gefrieren, wenn nicht die Dicke des Metalls oder der Erde, und das Wasser von dem schon geschmolzenen Eise solches hinderte; noch eher würde dieß geschehen, wenn man die Kälte durch frisches Eis oder Salz vermehrte.

In Ansehung der Hervorbringung einer künstlichen Gefrierung hatte schon Boyle bemerkt, daß durch eine Mischung von Schnee oder Eis mit Salzen nur alsdann eine zum Gefrieren erforderliche Kälte hervorgebracht werden könne, wenn die Salze den Schnee oder das Eis zum Schmelzen bringen (Th. II. S. 210.). Der Herr von Mairan hat von dieser Sache noch umständlicher gehandelt, und seine Bemerkungen und Erfahrungen darüber verdienen angeführt zu werden. An sich selbst, sagt er, und unter einerley Umständen, sind die Salze nicht kälter als das Eis. Sind sie von der Luft oder einem andern festen oder flüssigen Körper umgeben, der sie nicht auflöset, noch von ihnen angegriffen wird, so nehmen sie, wie die meisten übrigen Körper, beynahe die Temperatur des umliegenden Raumes oder der anliegenden Körper an. Also könnte gestoßenes Eis und zerriebenes Salz unter einander gemengt durch das bloße Nebeneinanderliegen, oder durch die bloße Berührung ihrer nicht aufgelößten Theile, unmöglich ein Ganzes machen, welches kälter, als Eis, wäre; und folglich würde von diesem Gemenge aus Salzen und Eis das Wasser im Gefäße, welches damit umlegt wird, so wenig gefrieren können, als von dem bloßen Eise. Es muß demnach an der beyderseitigen Auflösung und Schmel-

Schmelzung des Eises und der Salze liegen, daß die mit Eis vermischten Salze das Gefrieren des Wassers bewerkstelligen und beschleunigen.

Um sich aber zu versichern, ob das geschwinde Schmelzen des Eises von den Salzen, und von keiner andern Ursache, herrühre, stellte er folgenden Versuch verschiedene mal an. Er nahm vier Stücke von einerley Eis, welche in Ansehung der Größe und Figur einander beynahe gleich waren, jedes etwa 1 Cubikzoll groß. Er ließ sie alle in großer Kälte während des Frostes wohl trocknen, nachher bestreuete er eins davon mit recht trockenem und klar geriebenem Kochsalze, so daß es damit allenthalben wie mit einer Rinde bedeckt war. Auf die nämliche Art bestreuete er zwey andere Stücke, das eine mit Salpeter, das andre mit Salmiak, und das vierte ließ er bloß. Diese vier so zubereiteten Stücke trug er auf einem Netze in ein Zimmer, in welchem er die Luft auf der Temperatur der Keller der Sternwarte erhielt, und bemerkte zugleich die Zeit an einer genauen Pendeluhr. Der Erfolg war folgender. Das Stück Eis mit Kochsalz zerschmolz allezeit in weniger als einer Stunde, das Stück mit Salmiak 5 bis 6 Minuten hernach, das mit Salpeter brauchte beynahe zwey Stunden zum Schmelzen, und das bloße Stück dauerte länger als $5\frac{1}{2}$ Stunde. Hieraus schloß er nun, daß die Salze das Schmelzen des Eises beschleunigen. Die Erscheinung selbst erklärt er Cartesianisch daher, weil die Spitzen der Salze wie lauter Keile wirken, welche die Bestandtheile des gefrornen Wassers aus einander treiben. Wenigstens erschüttern sie dieselben durch ihren Stoß, wenn sie auch zwischen zwey Theilchen keine Oeffnung finden sollten; sie trennen die Reihen, in wel-

 chen

chen sie hart an einander liegen, und bewirken in einem Augenblicke, was eine große Wärme in einer geraumen Zeit nicht würde haben ausrichten können. Dieß macht, weil die Wärme bloß durch Luft und subtile Materie wirkt, oder genau zu reden, weil die Wärme nichts anders ist, als eine bewegte subtile Materie mit einer Luft, die sie einen Theil ihrer Bewegung mitgetheilt hat. Nun sey in Vergleichung mit salzigen Körpern die subtile Materie unendlich dünn und flüssig, und die Theilchen der Luft viel leichter als die Theilchen des Wassers, mithin auch leichter als die Salztheilchen. Folglich könne die subtile Materie mit Hülfe der Luft die Theile des Eises durch ihren Stoß nicht so bald erschüttern, zerreißen, trennen und flüssig machen, als mit Hülfe der salzigen Körperchen.

Wenn man nun das Wasser, das man gefrieren lassen wolle, in ein Gefäß bringe, und dieses in ein Gemisch von Eis und Salz setze, so müsse die Kälte, welche durchs Auflösen in dem Gemische vergrößert werde, binnen dieser Zeit das Gefrieren des Wassers, das mit diesem Gemische umgeben sey, beschleunigen. Denn nunmehr müsse die subtile Materie, welche im Wasser sich befinde, und seine ganze Flüssigkeit verursache, dasselbe verlassen, und sich zum Theil in die Stelle derjenigen begeben, die wegen ihrer Schwächung ihr nicht widerstehen, noch das Gleichgewicht mehr halten könne. Nun sey es aber offenbar, daß die Salze diese Wirkung haben müßten, weil sie die Eistheilchen, welche hart an einander lägen, schnell von einander trieben, und dadurch der in ihnen befindlichen subtilen Materie Gelegenheit gäben, sich mehr auszudehnen. Also müßte, vermöge der Zusammensetzung des Wassers, die subtile Materie aus selbigem

gern herausgehen, und sich dahin begeben, wo sie weniger Widerstand finde, als in den Zwischenräumchen des Wassers, das sie verlasse; und eben daher müsse das Gefrieren des Wassers erfolgen. — Setzt man in dieser Erklärung statt subtile Materie freye Wärme, so wird man sie ziemlich übereinstimmend mit der jetzigen Vorstellung finden. —

Das daher entstandene Eis ist ganz demjenigen ähnlich, welches ohne Zuthun der Kunst durch eine sehr schleunige und heftige Kälte entsteht, ausgenommen, daß seine Luftblasen meistentheils eine länglichte und konische Figur annehmen; und daß seine ersten Fäden kurz, einförmig, dicht beysammen, und fast allemal senkrecht an den Rand des Gefäßes angesetzt sind.

Diese Erscheinungen und besonders die Luftblasen mit ihren der Axe des Gefäßes zugekehrten Spitzen zeigten augenscheinlich den schnellen Lauf und die schnelle Ergießung der feinen Materie von der Axe nach der Fläche, d. i. nach dem Gemenge von Eis und Salz, womit das Gefäß umgeben ist, und nach welchem die innere subtile Materie desto geschwinder und heftiger zufließe, je mehr sie Platz darin finde, und je mehr die neuen Räumchen, die darin durch die schleunige Trennung der Theile des Eises entstanden sind, die Wirkung ihrer ausdehnenden Kraft erleichtern. Die länglichte Figur der Luftbläschen in dem künstlichen Eise rühre von nichts anderm her, als theils von der Schnelligkeit, womit sie von der Fläche gegen die Axe getrieben werden, und theils davon, daß die Wassertheilchen, zwischen welchen sie zusammengedruckt sich befinden, hart und unbiegsam geworden sind, ehe diese kleinen Häufchen Luft ihre kugelrunde Figur hätten wieder erlangen können.

Daß sich aber die ersten Eisfäden beym künstlichen Gefrieren größtentheils senkrecht an die Gefäße anlegen, dieß sey eine Erscheinung, welche dasjenige keinesweges umstoße, was man an den ersten Fäden des ordentlichen Eises, und von der Schiefe, unter welcher sie sich an einander selbst und an die ihnen ähnlichen Materien anzuhängen strebten, wahrnehme. Denn hier sey augenscheinlich eine ihrer natürlichen Bestrebung überlegene Kraft im Spiele, welche sie zu einer Richtung zwinge, die dem Rande des Gefäßes, um welchen sich diese Kraft äussere, senkrecht sey.

Uebrigens bemerkt er, daß er weder in dem Geschmacke, noch in den andern sinnlichen Beschaffenheiten des künstlichen Eises etwas bemerkt habe, wodurch es sich von dem ordentlichen Eise unterscheide. Das Beissende, was Einige darin durch Mittheilung der dazu gebrauchten Salze wahrgenommen haben wollten, rühre bloß von einem Betruge her; ihm sey es wenigstens nicht im geringsten wahrscheinlich, daß das Gemenge von Eis und Salz bis zu dem Wasser, das man gefrieren lasse, dringen könne, wenn die Gefäße, darin es sey, von einer dichten Materie, als Metall, und vornemlich von Glas, wären.

Ueber die Ursache der Kälte sind die Physiker dieses Zeitraums bey weitem noch nicht einig gewesen. So glaubte Petit [c]), daß die Kälte keinesweges ein Mangel der Wärme sey, vielmehr hielt er die Luft, welche ihrer Natur nach kalt sey, für die Hauptursache, welche in andern Körpern Kälte erzeuge. Ferner meint er, die Wirkung der Kälte bestehe nicht allein

c) Dissert. académiques sur la nature du froid et du chaud. à Paris 1672. 12.

allein im Verdichten, sondern auch eben so wohl im Verdünnen der Körper, und der Frost beym Gefrieren des Wassers verdichte dasselbe nicht, sondern verdünne es vielmehr, daher auch das Eis auf dem Wasser schwimme.

Andere, und fast die meisten französischen Gelehrten waren der Meynung, daß durch Entweichung der subtilen Materie oder durch Hemmung ihrer ausdehnenden Kraft die flüssigen Materien zum Gestehen gebracht und endlich in Eis verwandelt werden, und daß die Kälte überhaupt nur eine geringere Bewegung auf Seiten dieser subtilen Materie sey, woraus die Wärme bestehe. Sie hielten also die Wärme für keine wirkliche Materie, sondern setzten ihr Wesen bloß in die Bewegung der ätherischen Materie, so wie Cartesius es sich vorgestellt hatte. Hiernach wäre also Kälte nichts weiter als negative Wärme.

Ueberhaupt haben die Meisten in diesem Zeitraume, selbst diejenigen, welche eine eigene Wärmematerie (Elementarfeuer) behaupteten, die Kälte für eine Abwesenheit der Wärme betrachtet.

Hygrometer, Atmometer und Hyetometer.

Es ist bereits im zweyten Theile dieser Geschichte bemerkt worden (S. 224.), daß man zu hygroskopischen Substanzen verschiedene Materien, je nachdem man in ihnen die Abwechselungen der verschiedenen Zustände der Atmosphäre in Absicht der Trockenheit und Feuchtigkeit am bemerkbarsten zu finden glaubte, in Anwendung zu bringen gesucht hat. So viel Mühe man sich aber auch in diesem Zeitraume gab, die Hygrometer zu einem größern Grade der Vollkommenheit zu bringen, so ist man doch keinesweges glücklich

gewesen. Freylich hieng die Kenntniß hievon von der eigentlichen Beschaffenheit der Atmosphäre ab, von welcher damals noch ungemein wenig bekannt war. Daher es auch nicht zu verwundern ist, daß alle Erfindungen größtentheils untauglich sind. Die damaligen Naturforscher waren zufrieden, ein Werkzeug zu sehen, durch welches die Feuchtigkeit und Trockenheit der umgebenden Luft angezeigt werden konnte; es fiel ihnen aber nicht ein, Erfahrungen anzustellen, unter welchen Umständen die Feuchtigkeit und Trockenheit der Atmosphäre auf die hygroskopischen Substanzen wirken, um auf solche Art zu sichern und festen Grundsätzen der Hygrometrie zu gelangen. Erst in den neuern Zeiten bey der Untersuchung meteorologischer Erscheinungen fühlte man das Bedürfniß, genauere und mehr vergleichbare Hygrometer zu besitzen. Unerachtet aller Bemühungen aber, die man sich deßwegen gegeben hat, ist doch dieser Gegenstand bey weitem noch nicht zu derjenigen Vollkommenheit gebracht, als es wohl zu wünschen wäre. In diesem Zeitraume sind folgende Hygrometer bekannt geworden.

Durch die Erfahrung, daß das Holz bey feuchter und trockner Witterung eine Veränderung in seiner Ausdehnung nach der Breite, nicht aber nach der Länge erleidet, wurde Hautefeuille [d]) veranlaßt, folgendes Hygrometer zu erfinden. Es werden zwey viereckte Leisten (fig. 36.) ab und cd von eichenem Holze verfertigt, und an der einen Seite in der Mitte Falzen gemacht, damit ein Paar Breter ungehindert darin sich hin und her bewegen lassen, so wie ohngefähr der Deckel auf einem Kasten hin und her geschoben werden kann. Diese beyden Breter sind von Tannen-

d) Pendule perpétuelle, à Paris 1678. 4.

nenholz, von gleicher Höhe und Breite, und mit hölzernen Nägeln in a, b, d, c so befestigt, daß in der Mitte ein kleiner Raum fghe offen bleibt. In i wird ein ausgezahntes Blech von Messing ik fest gemacht, in dessen Zähne ein kleines Rad l mit seinen Zähnen eingreift. Von der andern Seite wird aus dem Mittelpunkte der Axe, daran das Getriebe l befestigt ist, ein Kreis beschrieben und in eine beliebige Anzahl Theile eingetheilt. An der Axe steckt ein Zeiger, der sich mit dem Getriebe zugleich herum dreht.

Bey feuchter Witterung schwellen die Breter nach der Breite auf, und es kommen die beyden Enden ef und gh näher zusammen, dadurch muß nun nothwendig das Getriebe l vom gezahnten Bleche ik bewegt, mithin auch von der andern Seite der Zeiger sogleich mit herum geführt werden; durch die Anzahl der Grade, welche dieser zeigt, erhellet es alsdann, ob die Breter viel oder wenig näher an einander gekommen, mithin ob die Feuchtigkeit sich stark hineingezogen habe, oder nicht, woraus sich auf die geringere oder größere Feuchtigkeit der Luft schließen läßt. Im Gegentheil, wenn die Atmosphäre trocken ist, so gehen die Breter nach der Breite ein, und die beyden Enden ef und gh kommen weiter von einander; mithin muß abermals das Getriebe von dem gezahnten Bleche bewegt, und der Zeiger auf der andern Seite zurückgeführt werden; durch die Anzahl der Grade wird alsdann angezeigt, ob die Breter viel oder wenig eingegangen sind, oder ob die Luft eine große oder geringe Trockenheit zeigt.

Dieses Hygrometer hat Sturm *) ausführlich beschrieben.

Tew

*) Colleg. exper. et curiof. P. II. tent. XIII. p. 225. f.

Teuber *) in Zeiz, der selbst ein guter ausübender Mechaniker war, hat Hautefeuille's Hygrometer auf verschiedene Art zu verbessern gesucht. Er bemerkt, daß die ihm bisher bekannt gewordenen Hygroskope eine solche Einrichtung besäßen, daß sie den Zustand der Atmosphäre in Ansehung der Trockenheit und Feuchtigkeit entweder durch einen einzigen Umlauf, oder bloß an einem Theile des Bogens, oder an einer ungemein unbestimmten Gradeintheilung anzeigten. Auf solche Art würde aber dem eigentlichen Zwecke gar kein Genüge geleistet, und die verschiedenen Veränderungen der Luft schienen damit auf keine Weise zusammenzustimmen. Er habe also auf eine vollkommnere Einrichtung gedacht, und hier sey ihm vorzüglich die spiralförmige und schraubenförmige Bewegung eingefallen, die ihm auch nach Wunsche gelungen wäre.

Zuerst habe er ein ganz einfaches Hygroskop verfertigt, welches aus einem einzigen tannenen Brete bestanden, und der Zeiger habe auf einer spiralförmig gewundenen Linie die geringste Veränderung der Luft durch viele Jahre hindurch aufs genaueste angezeigt. Nachdem er aber dieser Sache weiter nachgedacht, habe er durch folgende Einrichtung die Empfindlichkeit in der Anzeige der Feuchtigkeit und Trockenheit der Luft noch mehr vergrößert. Statt eines einzigen tannenen Bretes sind viere in Form eines viereckten Kastens mit einander verbunden. Es sind nämlich vier Säulen in der Mitte mit Falzen versehen, in welchen sich die vier Breter ohne Drang hin und her schieben können; das erste Bret ist an den obern Deckel, welcher mit dem untern

*) Novum genus hygrometri, minutissimas aëris mutationes duplici modo ostendens. in Act. erudit. Lips. 1687. p. 76.

untern Fußblatte die vier Säulen hält, mit hölzernen Nägeln befestiget, so das es nicht ganz bis zum Fußgestelle reicht. Wenn nun dieß Bret von der Feuchtigkeit der Luft anschwillt, so druckt es unten den einen Arm eines gleichen doppelarmigen schnellen Hebels nieder, und der andere Arm schiebt zugleich das andere Bret in die Höhe; dieses zweyte Bret stößt abermals den Arm eines andern gleicharmigen oben befestigten Hebels hinauf, da indessen der andere Arm das dritte Bret hinabdruckt; zu gleicher Zeit stößt dieß dritte Bret wiederum den einen Arm eines dritten unten befestigten Hebels hinab, dessen andrer Arm endlich das vierte Bret hinauf schiebt. An dieses vierte Bret ist oben ein gezahntes Blech befestigt, welches in ein kleines Getriebe eingreift, an dessen Welle ein Stirnrad steckt, das wiederum ein anderes kleines Getriebe umtreibt. Dieß leztere Getriebe ist mit einem hohlen Cylinder fest verbunden; welcher folglich mit dem Getriebe zugleich herum bewegt wird. In diesem hohlen Cylinder steckt ein anderer kleinerer unbeweglicher Cylinder, auf dessen Umfange der Länge nach 6 Höhlungen eingeschnitten sind, um so eine 6fach gezahnte Stange vorzustellen; in diese Zähne greifen nun eben so viele hohle an der innern Seite des hohlen Cylinders gemachte Einschnitte behende ein, damit der hohle Cylinder ohne große Reibung umlaufen, der canelirte Cylinder aber ganz unbeweglich bleiben kann. Mit dem hohlen Cylinder sind am Ende desselben zwey Lamellen verbunden, zwischen welchen der zum Theil gezahnte Zeiger in Falzen auf und nieder sich bewegen läßt. In diesen beyden Lamellen befindet sich zugleich ein Loch, durch welches der unbewegliche canelirte Cylinder hindurchgeht, und auch in die Zähne des Zeigers eingreift. Wenn nun auf diese beschriebene Art

der

der bewegliche Cylinder mit den beyden Lamellen, zwischen welchen der gezahnte Zeiger in Falzen liegt, einen Umlauf macht, so müssen die Zähne des Zeigers in die Vertiefungen des canelirten unbeweglichen Cylinders eingreifen, und es muß der Zeiger in den Falzen der beyden Lamellen hin und her verschoben werden, und auf diese Weise mit seiner Spitze eine Spirallinie beschreiben. Durch diesen Mechanismus, sagt Teuber, habe er es dahin gebracht, die Veränderungen der feuchten und trockenen Luft mit der größten Genauigkeit angezeigt zu finden.

Außerdem giebt er noch ein anderes Hygrometer an, welches mit dem vorigen einen nur etwas wenig veränderten Mechanismus besitzt, indem bloß statt des Stirnrades ein Kronrad angebracht ist, welches in ein kleines horizontal liegendes Getriebe eingreift, das an einer oben schraubenförmig gewundenen Welle, die daselbst durch eine Schraubenmutter geht, steckt. Diese Welle trägt einen horizontalen kleinen Tisch mit einer darauf stehenden kleinen Figur, welche mittelst eines kleinen Stabes in der Hand die Abtheilungen an einer in einem gläsernen Cylinder angebrachten schraubenförmigen Skale zeigt. Es steigt nämlich diese Figur, oder sie sinkt herab, nachdem die atmosphärische Luft feucht oder trocken ist.

Der Herr von Wolf[g]) bemerkt aber ganz richtig, daß Teuber diese Art von Hygrometer vollkommener gemacht habe, als sie es verdient. Denn Teuber selbst gestehe, daß er aus vielfältiger Erfahrung gelernt habe, daß dergleichen Hygrometer nach und nach immer weniger Feuchtigkeit in sich ziehen, und

g) Nützliche Versuche. Th. II. Cap. VII. §. 99.

und endlich nicht mehr die geringste Veränderung von der Feuchtigkeit erleiden.

Im Jahre 1681. erfand ein gewisser Uhrmacher zu Paris, Nahmens Grollet [h]), ein neues Hygrometer, welches folgende Einrichtung hatte. In der Mitte einer ebenen Tafel von 3 Fuß Länge und 1 Fuß Breite war ein 18 Zoll langer Einschnitt (fig. 37.) ef gemacht, längst welchem sich eine kleine Sonne f auf und ab bewegte, und mit Hülfe eines Zeigers die Grade der Feuchtigkeit und Trockenheit der Luft zeigte. Die Grade der Trockenheit wurden von b nach a oder von unten hinauf, und die Grade der Feuchtigkeit auf der andern Seite von c nach d oder von oben herab gezählt. Der Zeiger hatte das besondere, daß er bey der geringsten Veränderung von der Trockenheit zur Feuchtigkeit, oder von der Feuchtigkeit zur Trockenheit, einen halben Umlauf machte, und mit der längsten Spitze auf diejenige Theilung zeigte, die von unten nach oben zu gehet; dagegen zeigte er mit diesem Ende auf diejenige Theilung, welche von oben herab sich erstreckt, wenn die Veränderung von der Feuchtigkeit zur Trockenheit oder von der Trockenheit zur Feuchtigkeit statt fand.

Die beyden Eintheilungen enthielten eine jede 12 gleiche Theile oder Grade. Um aber die geringsten Veränderungen in der Luft bemerkbar zu machen, war gleich unmittelbar unter dem Einschnitte ef ein großer Ring mit einigen darauf gezeichneten concentrischen Krei-

h) Hygromètre nouveau pour connoitre les divers changemens du l'air du sec à l'humide et de l'humide au sec avec les degrès de secheresse et d'humidité, à Paris, 1681. im Journal des savans T. IX. p. 38.

Kreisen angebracht, die zwey einander entgegengesetzte Eintheilungen von 60 gleichen Theilen enthielten, und in der Mitte dieses Ringes machte ein Zeiger einen völligen Umlauf, während die kleine Sonne f einen einzigen Grad durchlief, sie mochte entweder steigen, oder herabgehen. Auf solche Art gab also der Zeiger auf dem Ringe die kleinen Theile oder Minuten eines von den Graden an, welche die Sonne durchlief.

Der Grund aller Bewegungen an diesem Hygrometer lag in einer künstlichen Verbindung verschiedener kleiner Darmsaiten, die sich hinter der Tafel befanden. Diese Saiten dehnten sich nämlich aus oder zogen sich zusammen, nachdem die Luft feucht oder trocken wurde, und verursachten auf solche Weise das Herabsinken und Steigen der kleinen Sonne und die Drehung des Zeigers auf dem Ringe bald auf die eine, bald auf die andere Seite.

Eine andere Materie zur hygroskopischen Substanz schlug Wilhelm Gould [i]) vor. Dieser machte nämlich in den philosoph. Transaktionen folgenden Versuch bekannt. Er habe 3 Drachmen Vitriolöl von seinem Phlegma so weit befreyt, daß es einen sehr starken Faden zerfressen; nachher habe er es in ein offenes Glas, dessen Durchmesser 3 Zoll betrug, geschüttet, an einer genauen Wage ins Gleichgewicht gebracht, und so an einem Orte, wo weder Feuer noch die Sonne hingekommen sey, der freyen Luft ausgesetzt. Hier habe er wahrgenommen, daß es täglich am Gewichte zugenommen, und nach 57 Tagen habe es 5 Drachmen 30 Gran gewogen. Der tägliche Zuwachs sey aber

i) Philos. Transact. n. 156. und Acta erud. Lips. 1685. p. 315.

aber keineswegs gleich gewesen, sondern sey continuirlich geringer geworden, so daß er am ersten Tage 1 Drachme 8 Gran, am letzten aber kaum ½ Gran betragen habe.

Gould ist der Meynung, daß dieser Zuwachs ganz allein von der Luft herrühre, welcher desto größer oder geringer sey, je nachdem die Luft eine größere oder geringere Feuchtigkeit besitze. Er glaubt daher, daß man hierdurch ein Hygrometer erhalten könne, welchem alle andere Hygrometer an Empfindlichkeit nachstehen müßten, besonders da er auch bemerkt haben wollte, daß das Vitriolöl bey trockener Luft viel leichter geworden sey, als bey feuchter. Uebrigens giebt er zwey Methoden an, wie man das Oel als Hygrometer anwenden könne; nach der einen sollte es an einer genauen Wage vermittelst eines Gegengewichts ins Gleichgewicht gebracht, oben an der Scheere ein Gradbogen befestigt, und durch Hülse der Zunge die Feuchtigkeit und Trockenheit der Luft an ihm gezeigt werden; nach der andern hingegen sollte der eine Arm der Wage in eine lange Spitze ausgezogen, und das Oel in der Wagschale mit einem Gegengewicht so ins Gleichgewicht gebracht werden, daß noch ein langer Theil des Armes, woran das Gleichgewicht hängt, als Zeiger zur Bemerkung der Grade der Feuchtigkeit und Trockenheit der Luft auf einem besondern Gradbogen dienen könne.

Bey dieser Gelegenheit lehrt auch Gould, sich noch ein anderes leicht zu verfertigendes Hygroskop zu machen. Man soll nämlich eine lange Darmsaite mit dem einen Ende an einer Wand befestigen, sie alsdann wechselsweise über verschiedene obere und untere Rollen legen, und am andern Ende ein Gewicht mit ei-

nem langen Zeiger befestigen, welcher letztere an einem eigenen Gradbogen den verschiedenen Zustand der Atmosphäre zeige.

Ueber das Aufdrehen der Schnüre hat Molineux k) zu Dublin in Irland Versuche angestellt, und sie der königlichen Gesellschaft zu London im Jahre 1685 mitgetheilt. Er hieng an einen Bindfaden, oder an eine hänfene Schnur ein Gewicht, um sie recht auszudehnen. Wenn er nun verschiedene mal (etwa 8 bis 10mal) den Hauch längst derselben gehen, oder auch heißen Wasserdampf hinaufsteigen ließ, so bemerkte er, daß diese Schnur sich drehete, und das Gewicht mit sich herum führte. Auch feuchtete er die Schnur mit Wasser an, und ließ sie nachher wieder austrocknen. Wenn er ein brennendes Licht oder ein glühendes Eisen unweit der Schnur hielt, wo sie am Haken angebunden war, so fand er, daß sie sich sogleich aus einander begab, und das Gewicht herumwendete. Diese Erfahrungen gaben ihm Veranlassung, ein neues Hygrometer zu erfinden, welches an sich sehr wohlfeil ist, und nach seiner Meynung alle bisher bekannte Hygrometer an Vollkommenheit übertreffe. Die Einrichtung dieses Hygrometers ist folgende. Es wird an einem Haken in der Wand eine hänfene Schnur etwa von 4 Fuß Länge geknüpft, und am andern Ende der Schnur ein Gewicht von ohngefähr Einem Pfunde mit einem Zeiger befestigt. Gleich unmittelbar unter dem Zeiger liegt ein horizontales Bret, auf welchem ein Kreis gezeichnet ist, der in beliebige gleiche Theile getheilt worden. Wenn sich nun die Feuchtigkeit der Luft in die Schnur hineinzieht, so fährt sie mehr zusam-

k) Philos. Transact. n. 162. u. Acta erudit. Lips. 1686. p. 389.

sammen, und führt den Zeiger mit sich herum, welcher durch den Theilungspunkt auf dem Kreise, wo er stehen bleibt, anzeigt, ob sie sich viel oder wenig zusammengedreht hat, mithin ob die Luft sehr oder wenig feucht ist. Bey trockener Witterung hingegen geht sie weiter auf, und führt daher den Zeiger zurück, welcher abermals durch den Theilungspunkt, wo er stehen bleibt, anzeigt, ob die Luft sehr oder wenig trokken ist.

D. Pincker, welcher den Auszug aus den philosoph. Transactionen über dieses Hygrometer in die Acta eruditorum einrücken ließ, bemerkt hiebey, daß diese Erfindung gar nicht neu sey. Er habe schon, sagt er, vor 10 Jahren ein ähnliches von einem Orte zum andern tragbares und bequemeres Hygrometer zu Dresden gesehen. Es habe nämlich aus der Mitte einer von 4 Säulen unterstützten Haube eine dünne Saite herabgehangen, welche am Ende eine kleine verguldete Kugel mit einem auf ihrer Oberfläche gezeichneten und in Grade abgetheilten Zirkelstreif getragen. In einer der 4 Säulen sey ein dünner borstenartiger Zeiger befestigt gewesen, welcher auf jenem Cirkelstreise die Grade der Trockenheit und Feuchtigkeit der Luft gezeigt habe. Damals sey dieses Instrument mit vieler Bewunderung betrachtet worden.

Selbst Sturm [1]) hatte schon ein ähnliches Hygrometer zu verfertigen gelehrt. Seiner Beschreibung nach besteht es aus einer hölzernen etwa 1 Zoll dicken und einen halben Fuß breiten Scheibe, welche von einer dünnen Saite in der Mitte so gehalten wird, daß die

1) Colleg. experim. s. curios. P. I. tentam. XIV. phaenom. 2.

die Fläche derselben einen vollkommen horizontalen Stand hat; der Rand dieser Scheibe ist in gleiche Theile abgetheilt. Wenn nun diese Vorrichtung an einen ruhigen und der freyen Luft ausgesetzten Ort aufgehangen wird, so vermag das Auge durch öftere Beobachtungen an einer festen Stelle wahrzunehmen, welchen Grad der Feuchtigkeit oder Trockenheit die Luft besitze u. s. w.

Der nicht längst angeführte Teuber m) zu Zeitz gab sich auch Mühe, die Hygrometer von Darmsaiten und hänfenen Schnüren zu verbessern. Bey solchen Hygrometern, sagt er, komme es vorzüglich auf die gehörige Länge der Saiten oder Schnüre an, damit sie vom äußersten Grade der Feuchtigkeit bis zum äußersten Grade der Trockenheit gerade Eine Umdrehung vollenden. Diese genaue Länge aber zu finden, sey mit großen Schwierigkeiten verbunden, und erfordere ungemein mühsame Beobachtungen. Um nun diesen auszuweichen hatte er folgende Einrichtung erfunden. In einer Röhre, welche allenthalben mit Löchern versehen war, um der Luft freyen Zutritt zu verschaffen, war oben ein Wirbel mit einem in der Mitte versehenen Haken eingelassen; an diesem Haken war eine dünne Darmsaite von unbestimmter Länge geknüpft, welche an dem andern Ende, das aus der Röhre hervorgieng, eine bleyerne der Länge und Stärke der Saite wohl angemessene runde Platte hielt, auf welcher zugleich eine lange Nadel mittelst einer kleinen Axe auf einer Unterstützung so ruhete, daß sie von der Mitte der ruhenden Axe in zwey ungleich große Theile getheilt ward, die einander aber vollkommen das Gleichgewicht

m) Acus hygrometr. s. siccitatis et humoris in aëre index, in Act. erud. Lips. 1688. p. 180.

wicht hielten. Die Röhre endigte sich mit einem elfenbeinernen Ansatze, an dessen auswendigem Umfange sich Schraubengänge mit sehr tiefen Einschnitten befanden. Diese Schraubengänge faßten das Ende des kürzern Theils der Nadel, so daß bey der Drehung der Saite und der bleyernen Platte dieß Ende der Nadel aus den Einschnitten der Schraubengänge nicht herausgehen konnte. Nachdem sich also die Saite auf die eine oder andere Seite drehete, ward die Nadel durch eine sanfte Bewegung bald erhoben bald niedergedruckt, und der längere Theil derselben beschrieb Spirallinien, welche auf ein Papier oder auf ein Glas, welches die Maschine umgab, gezeichnet, und in Grade getheilt war. Nach dem verschiedenen Zustande der Atmosphäre zeigte nun die Nadel diese Grade als Grade der Feuchtigkeit oder Trockenheit.

Um nun diese Grade der Feuchtigkeit und Trokkenheit von einem bestimmten Punkte an zu rechnen, räth er, diese so zubereitete Vorrichtung an einen temperirten Ort zu bringen, oder sie einer gemäßigten Luft auszusetzen, und mittelst des Wirbels die Spitze der Nadel gerade auf die Mitte der Spirallinie zu führen, und an dieser Stelle o zu setzen, da alsdann die Theile unterhalb der Null die verschiedenen Grade der Feuchtigkeit, oberhalb derselben aber die der Trockenheit ausdrücken sollen.

An dem Hygrometer, das sich Teuber verfertigt hatte, war die Saite $1\frac{1}{2}$ Fuß lang, machte ohngefähr 5 Umläufe, und war so empfindlich, daß sie sich beym leisesten Hauche sogleich zu drehen anfieng.

Noch ehe Teuber sein Hygrometer öffentlich bekannt gemacht hatte, hatte er bereits dem Herrn

Lichtscheid n) von der Einrichtung desselben die nöthigste Nachricht ertheilt. Dadurch ward auch Lichtscheid aufgemuntert, auf eine neue Einrichtung der Hygrometer zu denken, bey welcher er ebenfalls die Absicht hatte, die Saite mehr als eine Umdrehung machen zu lassen. Er nahm hiezu eine dünne Saite, welche durch den Gebrauch auf einem musikalischen Instrumente alle ihre Fettigkeit verloren hatte. Statt des Gewichts wählte er eine runde Platte Zinn, welche auf der Mitte ihrer horizontalen Oberfläche mit einem kleinen Cylinder etwa 1 Zoll hoch und einen halben Zoll dick verbunden war. Den kreisrunden Seitenumfang der zinnernen Scheibe theilte er genau in 100 gleiche Theile. In der Mitte des kleinen Cylinders befestigte er nun das eine Ende der Saite, so daß mit der Umdrehung derselben zugleich die zinnerne Platte in Umlauf kam. Diese Vorrichtung hieng er in einem Kasten (fig. 38.) ikml, der mit einem langen Halse op versehen war, auf. Der Hals besaß allenthalben Löcher, damit die Luft ungehindert hinein konnte, und hatte auf der Aussenseite eine Krinne qr, worin ein kleines Gewicht s von geringer Schwere ungehindert auf und ab steigen konnte, und welches die Anzahl der Umdrehungen anzeigte. Denn es war um den kleinen Cylinder auf der zinnernen Platte ein langes Frauenzimmerhaar einigemal umwunden, dasselbe durch die Oefnung t im Deckel il über eine kleine Rolle nach r, und daselbst wiederum über eine andere kleine Rolle geführt, und am Ende mit dem Gewichte s verbunden. Damit nun aber auf solche Art die an der Saite herabhangende zinnerne Plat-

n) Nova accessio ad hygrometron ex chorda confici solitum, in Act. erud. Lips. 1688. p. 181.

Platte nicht aus dem wagrechten Stand versetzt wurde, mußte auf der entgegengesetzten Seite dieselbe Vorrichtung angebracht werden. Wenn man nun aus dem bekannten Durchmesser des kleinen Cylinders die Peripherie seines Querschnitts suchte, so trug man die Länge derselben, die hier mit qx vorgestellt ist, von q an auf die Seite des Halses hinauf, und bezeichnete sie mit 1, 2, 3, 4 u. s. f., welche Länge Lichtscheid die Länge des Umlaufs nennt. Wenn nun die Einrichtung so gemacht wird, daß bey temperirter Luft, die man weder trocken noch feucht nennen kann, das Gewicht f etwa in der Mitte des Halses auf einer Theilungslinie steht, wobey zugleich der in der Oefnung des Kastens befindliche Zeiger y den Anfangspunkt der auf dem Umfange der zinnernen Platte befindlichen Abtheilungen bestimmt, so wird beym veränderten Zustande der Luft, folglich beym Drehen der Saite, auch die Platte mit gedrehet, und zugleich das Gewicht f entweder gehoben oder herabgelassen. Da nun der Umkreis der Platte 100 Theile enthält, so wird der Zeiger y diese 100 Theile angezeigt haben, wenn das Gewicht f durch eine Abtheilung gestiegen oder gesunken ist. Gesetzt es habe das Gewicht f $2\frac{1}{2}$ Theile zurückgelegt, so weiß man, daß die Platte $2\frac{1}{2}$mal umlaufen seyn, und folglich 250 Grade zeigen müsse.

Außer den bisher angeführten hygroskopischen Substanzen hat man auch Papier- und Lederstreifen dazu gebraucht. Solche davon gemachte Hygrometer hat Dalencé °) beschrieben. Ihre Einrichtung besteht in folgendem. Auf einem kupfernen Fuße (fig. 39.)

°) Traité des baromètres, thermomètres et hygromètres. Amst. 1688. p. 101.

39.) ab werden zwey kupferne Pfeiler cd und ef aufgerichtet, damit sie von der Feuchtigkeit der Luft keine Aenderung leiden. An diese beyden Pfeiler wird ein Streifen Papier oder ein Lederstreifen hi ausgespannt, und in der Mitte desselben in l ein kleines Gewicht angehängt, das eine feine Spitze hat. Ueberdem ist noch auf dem Fuße ein langes kupfernes Blech nm aufgerichtet, welches in eine beliebige Anzahl Theile durch Querlinien eingetheilt worden ist, um auf solche Art zur Skale zu dienen. Wenn nun der Papier- oder Lederstreifen feucht wird, so wird die Spannung schwächer und das Gewicht sinkt etwas herab; wenn er aber wieder austrocknet, so wird er wieder straff, und das Gewicht zieht sich in die Höhe. Man erkennt also dadurch, ob die Luft feuchter oder trockner wird.

Eine ganz eigene Art Hygrometer ließ Amontons p) durch Regis in dem Journal des savans unter dem Nahmen eines Hydrometers bekannt machen. Die erste Erfindung überreichte er im Jahre 1687 der Pariser Akademie, welche sie mit Beyfall aufnahm; nach der Zeit hat er sie aber ein wenig abgeändert. Die fig. 40. stellt die erste, und die fig. 41. die etwas abgeänderte Einrichtung vor. (fig. 40.) ab ist eine gläserne Röhre, welche im Lichten $\frac{1}{12}$ Zoll weit ist, und eine Länge von etwa 34 Zoll besitzt; an dem obersten Ende dieser Röhre ist ein gläsernes Gefäß a, fast so wie man es gewöhnlich bey den Gefäßbarometern zu gebrauchen pflegt, ohngefähr 1 Zoll weit angeblasen, so wie auch das untere Ende der Röhre mit einer gläsernen Kugel, welche unten in c eine kleine Oeffnung

p) Journal des savans. à Amst. 1688. 12. T. XV. p. 403. und Acta erud. Lips. 1688. p. 374.

nung hat, versehen ist. Diese gläserne Kugel b ist mit einer andern Kugel von Tannenholz, oder von Horn, oder auch von Leder, umgeben, und an der Röhre bey e fest verküttet. Am geschicktesten hat Amontons zu dieser Kugel das Hammelsfell gefunden, welches von den Gerbern gehörig bearbeitet am geschmeidigsten ist, eine dem Zwecke angemessene Dichtigkeit besitzt, und für Feuchtigkeit und Trockenheit sehr empfänglich ist. Diese lederne Kugel ist nun ganz mit Quecksilber angefüllt, so wie auch die Hälfte der gläsernen Kugel b. Die andere Hälfte dieser Kugel und ein Theil der Röhre ab sind mit einem leichtflüssigen Liquor, der nicht gefriert, angefüllt. Der übrige Theil der Röhre nebst der Hälfte des Gefäßes a enthält einen fetten und leichtern Liquor, als der vorige ist. In dem übrigen Raume des Gefäßes a befindet sich bloß gemeine Luft, welche mit der äußern atmosphärischen Luft durch die Oefnung g eine Gemeinschaft hat, welche aber sehr klein seyn muß, um die allzustarke Ausdünstung zu verhüten.

Dieses so eingerichtete Hygrometer wird an ein hölzernes Bret, das in Grade eingetheilt ist, dergleichen man bey den Thermometern zu gebrauchen pflegt, befestigt. Der Gebrauch dieses Instruments ist folgender: an derjenigen Stelle, wo sich die beyden Liquoren in der Röhre von einander trennen, werden die Grade der Feuchtigkeit und Trockenheit der Luft angezeigt. Denn diese Trennung wird bey trockener Witterung in einer weit größern Höhe statt finden, als bey feuchter; hingegen geschieht sie in einem desto niedrigern Stande, je feuchter die Luft ist, indem während der Feuchtigkeit die lederne Kugel sich ausdehnt, und an Raumesinhalt größer wird, als bey

trockener Witterung, da sich das Leder wieder zusammenzieht. Im erstern Falle muß folglich der Liquor in der gläsernen Kugel b weiter herab sinken, und im zweyten Falle mehr in die Höhe gedruckt werden.

Bey der veränderten Einrichtung dieses Hygrometers (fig. 41.) ist a b ebenfalls eine gläserne Röhre von derselben Dicke wie die vorige, aber 35 bis 36 Zoll lang, und auf beyden Seiten a und b offen. In b endigt sie sich in eine nicht vollkommen runde Kugel; diese ist vielmehr etwas zusammengedruckt mit zwey einwärts gehenden Erhöhungen c und d, welche eine Aehnlichkeit mit den cylindrischen Dintenfässern haben, deren Grundflächen gegen das Innere hin eingedruckt sind. Der Durchmesser dieser Kugel beträgt ohngefähr 2 Zoll. Uebrigens wird sie eben so, wie es vorher beschrieben ist, mit einer ledernen Kugel umgeben. Beyde Kugeln sind mit Quecksilber angefüllt, und die gläserne Kugel enthält nur so viel von einer Mischung aus Scheidewasser und gemeinem Wasser, als bey der größten Trockenheit nöthig ist, um die Röhre damit auszufüllen, und damit kein Quecksilber in selbige gelangen kann.

Diese veränderte Art von Hygrometern hat gewisse Vorzüge vor der erstern, weil sie sehr leicht von einem Orte zum andern gebracht werden können und so empfindlich sind, daß die Feuchtigkeit des Hauchs oder der Hand den Liquor 1, 2, auch 3 Zoll herabsinkend macht, nachdem die Luft mehr oder weniger feucht ist.

Eine andere so genannte Wettermaschine, welche im Jahre 1722 in den Hamburgischen und andern Zeitungen mit so ungemeinen Lobeserhebungen ausgebothen wurde, verdient nicht, hier berührt zu werden.

Es

Es genügt, bloß das Urtheil anzuführen, welches Jemand darüber gefällt hat [q]). "Diese neue Wettermaschine, sagt er, wie ich selbst gesehen, besteht in nichts anderm, als einer Art Flockseide, welche mit einem alkalischen Kleister oder Leim angemacht, und alsdann ganz dünn gepreßt, so dick wie Löschpapier ist, wie es denn auch fast so aussieht. Hernach werden Fingerslange Läpchen daraus geschnitten, welche man bey sich in der Tasche trägt, als wo es immer warm bleibt; nimmt man es heraus, und hält es etwas, so attrahirt es aërem frigidum vel humidum, und wird schlapp oder starr. Dieß ist die ganze Kunst."

Ueberhaupt waren die Physiker dieses Zeitraums an Vorschlägen zu hygroskopischen Substanzen ungemein reich, ohne vorher zu prüfen, ob sie sich auch wirklich dazu schicken, und sich daraus vergleichbare Hygrometer verfertigen ließen. Daran war aber noch nicht zu gedenken, man glaubte schon hinreichenden Grund zu haben, wenn man nur eine Materie fand, welche beym feuchten und trocknen Wetter eine merkliche Veränderung erlitt. So, sagt der Herr von Wolff [r]), könne er sich noch von seiner Kindheit her entsinnen, daß Breter, worauf eine geraume Zeit ein großes Stück Salz wie ein Mühlstein gelegen, dergleichen man aus Polen zu bringen pflege, recht stark naß geworden, so oft sich das Wetter ändern wollte, und man daher geurtheilt habe, das Wetter werde sich nunmehr bald ändern und Regenwetter einfallen. Daher könnte man versuchen, ob nicht durch Salze, die man im Feuchten nach und nach in Holz ziehen ließe, die Kraft des Holzes, die Feuchtigkeit an sich zu zie-

q) Breslau. Samml. a. d. Jahr 1723. S. 463. f.
r) Nützliche Versuche. Th. II. Cap. VIII. §. 99.

ziehen, dauerhafter gemacht werden könne. Ich finde zwar hierüber weiter keine Versuche angestellt; indessen hatte doch schon die Wahrnehmung, daß das Salz die Feuchtigkeit der Luft anzieht, Gelegenheit gegeben, es ebenfalls zum Hygrometer anzuwenden. So erzählt D. Brückmann [s]), daß er bey dem kaiserl. Oberkammereinnehmer Herrn von Neffzern in Neusohl eine in Lebensgröße ausgehauene Statüe von Steinsalz gesehen habe, welcher sich dieser als eines Hygrometers bedient habe. Denn so bald diese Statüe zu schwitzen oder feuchter zu werden anfieng, so konnte er das bevorstehende Regenwetter vorher verkündigen, und im Gegentheil einen heitern Himmel prophezeien, wenn sie wieder trocken wurde.

Es war längst bekannt, daß die Feuchtigkeit, welche die Luft an das Hygrometer abgiebt, durch kein anderes Mittel in die Atmosphäre gelangen kann, als durch die Ausdünstung. Gleichwol hatte man bis hieher noch nicht daran gedacht, zu bestimmen, wie viel die Ausdünstung einer bestimmten Wassermenge in einer gewissen Zeit betrage. Halley [t]) war der erste, der dieß zu bestimmen suchte. Er bediente sich hiezu folgender Methode; er nahm einen Kessel von 4 Zoll Tiefe und etwa 8 Zoll im Durchmesser; diesen füllte er mit Wasser an, that ein Thermometer hinein, und setzte ihn nachher auf ein gelindes Kohlenfeuer. Wenn nun die Wärme so hoch gestiegen war, als sie in den heißen Sommertagen zu seyn pflegt, so hieng er den Kessel mit dem Thermometer an eine Wage, und brachte alles ins Gleichgewicht, trug aber dabey Sorge, daß das Wasser beständig einerley Wärmegrad

s) Breslau. Samml. a. d. Jahr 1724. S. 632. f.
t) Miscellanea curiosa. Lond. 1708. 8. T. I. p. 2.

megrad hatte. Nach Verlauf von zwey Stunden waren 233 Gran Wasser verdunstet, welche nach seiner Rechnung $\frac{1}{53}$ Eines englischen Cubikzolles betrugen. Wolf [u]) bemerkt hiebey aber ganz richtig, daß dieses Verfahren gar kein sicheres Resultat geben könne, wenn daraus bestimmt werden sollte, wie viel Wasser in den heißen Sommertagen ausdunstet, weil das Wasser und die Luft nicht einerley Wärmegrad besitzen. Auch sey es gewiß, daß das Wasser zu einer Zeit nicht so viel ausdunste, wie zu einer andern; ja wir wüßten, daß auch in kalter Luft das Wasser stark ausdunste.

Diejenigen Werkzeuge, welche zur Messung der Ausdünstung des Wassers dienen, werden Atmometer (Ausdünstungsmaaße) genannt.

Seit dem Jahre 1688 stellte Sedileau [x]) beynahe drey ganzer Jahre hinter einander Beobachtungen über die Größe der Ausdünstung an. Sein Ausdünstungsmaaß bestand aus einem zinnernen viereckten Gefäße, dessen Länge 3 Fuß, die Breite 2 Fuß und die Höhe etwas größer als 2 Fuß war. Dieses Gefäß hatte er in die Erde gegraben, und die Oberfläche des darin enthaltenen Wassers ganz allein der Luft und der Sonne ausgesetzt. Er fand, daß sich in der Gegend von Paris die Ausdünstung des Wassers, wenn sie über die Oberfläche des Gefäßes, von welcher sie in die Atmosphäre stieg, sich wieder ergießen würde, jährlich etwa 32½ Zoll betragen würde. In Paris war die Ausdünstung

Zoll

u) Nützliche Versuche. Th. II. Cap. VI. §. 85.

x) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1692.

		Zoll	Linien			Zoll	Linien
1689.	Januar —	0	8	1690.	Januar —	0	8
	Februar —	0	9		Februar —	0	6¾
	März —	1	10		März —	1	6
	April —	3	0		April —	3	6½
	May —	5	7½		May —	4	8
	Juni —	4	8		Juni —	4	8¾
	Juli —	5	3½		Juli —	5	5¾
	August —	4	11½		August —	4	2½
	Sept. —	2	2½		Sept. —	2	6½
	Octob. —	1	3¼		Octob. —	1	10
	Nov. —	0	11½		Nov. —	0	8¾
	Dec. —	0	8		Dec. —	0	6
	Summe	32 Zoll	10½ Lin.		Summe	30 Zoll	11 Lin.

Man sieht aber wohl, daß diese Methode, die Größe der jährlichen Ausdünstung zu finden, ebenfalls Fehlern unterworfen ist, und daß sie daher kein genaues Resultat geben könne.

Die Schwierigkeiten, mit welchen dergleichen Beobachtungen begleitet sind, um ganz richtige Resultate zu erhalten, sahe schon der Herr von **Wolf** ein. Die Stelle, aus welcher dieß erhellet, ist folgende. "Ich, sagt er, hielt es für rathsam, daß man die Beschaffenheit der Ausdünstung genauer untersuche, welches auf folgende Art geschehen könnte. Man ließe sich ein Gefäße von Blech machen, welches eine etwas breite Fläche hat, und füllte es mit Wasser, bis es mit einem Gewichte auf der Wage genau inne stünde. Das Gefäße müßte nicht allzu tief seyn, damit nicht allzuviel Wasser hineingienge, und durch die übrige Schwere der schnelle Ausschlag der Wage gehindert würde. Dieses Gefäße setzte man mit der Wage an einen Ort, wo es zwar nicht unterm freyen Himmel stünde, damit man des Nachts Thau, und des Tages Regen davon abhielte; jedoch aber von der Sonne ungehindert könnte beschienen und von der

Luft

Luft frey bestrichen werden. Bey heiterm Wetter könnte man das Gestelle mit der Wage auch wohl unterm freyen Himmel des Tages über bringen. Des Tages über müßte man einige mal darnach sehen, ob das Gewicht einen Ausschlag gäbe, und durch ein Gegengewicht denselben bestimmen, damit man erfahren könne, wie viel eigentlich ausgedunstet. Dieses Gewicht merkte man mit Fleiß, damit man es zu Maaße reduciren könnte. Dabey müßte auch die Beschaffenheit der Luft nach ihrer Wärme, Schwere, und sonderlich Dichtigkeit durch das Thermometer, Barometer und Manometer, wie nicht weniger die Größe des Windes durch die Windwage bemerkt werden; so würde man mit der Zeit auf gute Sätze kommen, dadurch die Beschaffenheit der Ausdünstungen sich genauer bestimmen ließe."

Die Ausdünstung des Wassers hat mit dem Regen und andern aus der Atmosphäre herabfallenden Feuchtigkeiten eine solche genaue Verbindung, daß sich aus der bekannten Größe des einen auf die Menge des andern schließen läßt. Allein beydes ist bis jetzt noch nicht zur gehörigen Gewißheit gebracht. Von der Menge des Regenwassers insbesondere, welche zu gewissen Zeiten aus der Atmosphäre herabkommt, hängen verschiedene Naturerscheinungen ab, welche die Physiker immer noch beschäftigen. Hierbey kömmt es nun vorzüglich darauf an, wie sich die Menge des herabfallenden Regenwassers bestimmen lasse? Die Werkzeuge, welche man sich zu dieser Absicht bedient, heißen Regenmaaße, Hyetometer oder Ombrometer. Gewöhnlich wird die Menge des Regenwassers durch die Höhe bestimmt, welche es erhalten würde, wenn es die Oberfläche, worauf es gefallen, gleichförmig bedecken würde, und nichts, weder durch

die

die Ausdünstung noch durch Einsaugung in den Boden, verloren gegangen wären. Es ist aber leicht zu begreifen, daß zu dieser Bestimmung nur ein kleines Gefäß nöthig ist, weil das Wasser bey gleichförmiger Verbreitung über einer Fläche allenthalben gleich hoch steht. Erst nach der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts fieng man an, auf diesen wichtigen Gegenstand aufmerksam zu werden, und man suchte die Menge des herabgefallenen Regenwassers auf eine doppelte Art zu bestimmen, indem man nämlich die Höhe der Wassermenge, welche jährlich über die Grundfläche des Regenmaaßes stehen würde, entweder durchs Volumen, oder durchs Gewicht suchte. Mariotte[y]) war der erste, welcher durch das Volumen des aufgesammelten Regenwassers die Menge des herabgefallenen Regenwassers bestimmte. Seine Absicht hiebey bestand vorzüglich darin, zu erfahren, ob das Regenwasser hinreichend sey, den Quellen Nahrung zu geben (Th. II. S. 581. u. f.). Hingegen hat Townley[z]) die Methode, die Menge des herabgefallenen Regens durchs Gewicht zu bestimmen, in England eingeführt.

In Frankreich hat man beständig die erste Art zur Bestimmung der Menge des Regenwassers beybehalten. Sedileau, welcher bey der nicht längst angeführten Beobachtung über die Größe der Ausdünstung des Wassers zugleich die Menge des herabgefallenen Regenwassers bestimmte, gebrauchte zum Regenmaaße ein zinnernes Gefäß, dessen Länge 2 Fuß, die Breite und Höhe aber $2\frac{1}{2}$ Fuß betrug, und welches ebenfalls in die Erde gegraben war. Man bemerkte aber bald, daß auf diese Weise die Menge des herabgefal-

y) Traité du mouvement des eaux P. I. p. 30.
z) Philosoph. Transact. n. 208. p. 51.

gefallenen Regens nicht genau bestimmt werden konnte, indem selbst während des Regens ein Theil von dem herabgefallenen Wasser wider ausdunstet, welcher desto größer wird, wenn das Regenmaas nicht sogleich, wenn es ausgeregnet hat, weggenommen werden kann, und es dabey warm und windig ist. Um also diese Ausdünstung zu verhüten, änderte man in Frankreich diese Einrichtung ab. Das daselbst gewöhnliche Regenmaas besteht in einem zinnernen Gefäße von 4 Quadratfuß Oberfläche, das ringsum 6 Zoll hohe Ränder hat und an einem freyen abgelegenen und doch vor dem Winde beschützten Orte so gestellt wird, daß es etwas schräg gegen den einen Rand zu steht, wo es eine Oefnung mit einer Röhre hat, durch welche alles ins Gefäß herabgefallene Wasser in einen darunter gestellten und wohl bedeckten Krug geleitet wird. Nach geendigtem Regen wird das Wasser im Kruge mit einem hohlen gläsernen Würfel, dessen Seitenlinie 3 Zoll beträgt, gemessen. In diesem Würfel muß so viel Wasser, als sich über 4 Quadratfuß Fläche ½ Linie hoch verbreitet, 32 Linien Höhe einnehmen. Zu dem Ende wird rings um den gläsernen Würfel, 4 Linien unter dem obern Rande, ein Strich gezogen, der Würfel beym Ausmessen allemal bis an denselben gefüllt, und jedes solches Maas für ½ Linie Regenmenge gerechnet.

Was die Methode betrift, die Menge des Regenwassers durchs Gewicht zu bestimmen, so billigt diese der Herr von Wolf [a]) nicht. Er glaubt zwar, daß das Gewicht genauer, als das Volumen, gefunden werden kann, allein er bemerkt doch ganz richtig, daß das

a) Nützliche Versuche. Th. II. Cap. VI. §. 87.

das Regenwasser nicht jederzeit einerley eigenthümliches Gewicht besitze, und daß schon die Abwechselung der Kälte und Wärme einen beträchtlichen Unterschied verursachen könne.

Leutmann [b]) suchte diesem Einwurfe dadurch abzuhelfen, daß er mit seinem Regenmaaße ein gewöhnliches Aräometer, welches das specifische Gewicht des Regenwassers angiebt, unter dem Nahmen eines hyetostathmischen Instruments verband. Sein Regenmaas besteht in einem zinnernen viereckten Trichter von 1 Quadratfuß Oberfläche, welcher sich unten in einen kegelförmigen Canal endigt, dessen Oefnung von der Größe einer Erbse ist. Hieran wird eine Glasröhre von 2 bis 3 Zoll Durchmesser angebracht, welche den kegelförmigen Canal ganz in sich faßt, unten wieder trichterförmig ausläuft, und mit einer zweyten Glasröhre von 3 bis 4 Linien Durchmesser durch einen Hahn verbunden ist. Eine jede dieser Glasröhren ist 2 bis 3 Fuß hoch, und die leztere ist am Ende auch mit einem Hahne verschlossen. Leutmann wiegt ein Loth Wasser ab, und beobachtet die Höhe desselben in der untersten Glasröhre. Diese Höhe theilt er in vier gleiche Theile, und trägt sie auf einen Maasstab, welcher sich längst der ganzen untern Röhre hin erstreckt. Auf eben diese Art theilt er die obere weitere Glasröhre nach Pfunden ab. Fängt nun dieses Instrument das Regenwasser auf, so läuft es in die obere Glasröhre, und giebt durch seine Höhe die Anzahl der Pfunde an. Dasjenige Wasser aber, welches in dieser Röhre über Pfunde geht, kann alsdann durch den Hahn in die untere Röhre gelassen werden, um darin auch die Lothe und Quentchen desselben zu bestim-

b) Instrumenta meteorognosiae inservientia. Witeb. 1725. 8. cap. 6.

stimmen. Auf diese Art erfährt man das Gewicht des Wassers, welches sich über 1 Quadratfuß Fläche ergossen hat. Um aber auch mit diesem Instrumente Beobachtungen im Winter anstellen zu können, bringt Leutmann noch eine Art von Ofen an, welcher das Zufrieren der Oefnungen verhütet.

Wässerige Meteore.

Da man einsah, daß die Bestimmung der Menge des herabgefallenen Regen- und Schneewassers in mancherley Rücksichten eine ungemein wichtige Sache sey, so konnte es gar nicht fehlen, daß mehrere Naturforscher sich bemüheten, eine Reihe fortgesetzter Beobachtungen hierüber anzustellen und zu sammlen. Mittelst des Gewichts beobachtete Townley c) die Menge des herabgefallenen Regens in Lancastershire vom Jahre 1677 bis 1693. Seine Beobachtungen gaben ihm folgende Resultate:

Jahr	1677.	1678.	1679.	1680.	1681.
Januar	4,72	3,71	0,43	5,12	0,53
Februar	2,70	3,71	1,61	4,92	3,63
März	2,45	2,50	2,02	4,13	2,35
April	3,25	1,70	0,92	2,22	0,57
May	3,13	5,81	1,05	1,88	0,69
Junii	5,16	2,57	2,98	3,42	3,97
Juli	3,51	3,39	3,50	3,20	2,92
August	4,85	1,45	8,35	5,02	4,25
Septemb.	2,23	5,27	5,53	1,46	6,07
October	3,33	6,44	6,16	5,70	1,70
Novemb.	4,32	5,55	1,27	4,79	2,35
Decemb.	4,00	0,57	4,39	2,69	4,23
Summe	43,65	42,67	38,21	44,28	33,26

Jahr

c) Philos. Trans. epitomized by *Lowthorp* Vol. II. p. 43. sqq.

Jahr	1682.	1683.	1684.	1685.	1686.
Januar	9,86	2,38	0,32	1,10	4,72
Februar	1,35	2,45	4,83	0,42	0,20
März	2,37	3,05	0,87	1,85	5,72
April	3,08	4,02	3,70	3,80	3,05
May	3,15	3,53	0,97	2,01	4,37
Juni	5,17	4,68	1,92	4,10	4,73
Juli	4,82	4,12	3,13	4,97	1,88
August	3,85	5,82	3,38	3,98	8,70
Septemb.	2,93	1,52	1,99	1,63	5,72
October	4,27	3,30	4,25	3,25	2,93
Novemb.	5,25	1,92	5,79	5,22	7,09
Decemb.	4,56	0,37	2,99	5,48	1,32
Summe	50,66	37,16	34,14	37,81	50,43

Jahr	1689.	1690.	1691.	1692.	1693.
Januar	3,33	7,07	1,97	0,54	2,18
Februar	3,93	1,71	1,12	1,68	0,78
März	8,75	1,45	4,76	3,42	2,98
April	4,68	0,78	3,86	4,98	5,39
May	1,82	2,44	3,00	3,30	0,93
Junī	3,02	1,79	4,12	4,16	1,81
Juli	1,20	2,18	2,85	4,48	1,12
August	2,22	4,02	1,93	1,98	6,68
Septemb.	4,42	4,03	2,15	6,05	6,41
October	7,40	7,65	1,65	2,73	5,14
Novemb.	4,15	7,17	2,30	1,48	6,27
Decemb.	3,68	2,62	1,69	8,92	2,61
Summe	48,60	42,91	31,40	43,72	42,30

Die Zahlen, welche vor dem Comma stehen, bedeuten englische Zolle, und die hinter demselben Decimaltheile von Zollen. Wenn man von diesen Zahlen die letzte, oder die zur Rechten, wegnimmt, so geben die drey ersten

ersten oder die übrigen zur Linken die Hälfte der Pfunde an, welche das Regenwasser gewogen hat, und die vierte weggenommene Zahl bedeutet Zehntheile von einem Pfunde; das Pfund wird aber zu 24 Loth oder 12 Unzen gerechnet. Im Jahre 1689 z. B. war die Menge des herabgefallenen Regenwassers 48,60 engl. Zoll; diese Zahl deutet also an, daß, wenn alles in diesem Jahre herabgefallene Regenwasser in der Landschaft Lancaster stehen geblieben wäre, es 48 Zoll und $\frac{6}{10}$ eines Zolles hoch würde gestanden haben. Dieß Wasser aber hat 486 . 2 = 972 Pfund gewogen. Townley bemerkt, daß er seine Beobachtungen mit den zu Paris verglichen und gefunden habe, daß es gemeiniglich zu Lancastershire noch einmal so viel geregnet, als zu Paris. Nach Wolf's d) Meynung hat man sich hierüber auch nicht zu verwundern, weil England eine Insel sey, und die Landschaft Lancaster nahe an der See liege. Uebrigens macht Wolf hierüber noch folgende Bemerkungen. Wenn wir, sagt er, diese durch 15 Jahre meistens hinter einander gemachte Beobachtungen mit einander vergleichen; so nehmen wir gleich anfangs wahr, daß es nicht beständig gleich viel geregnet, sondern in einigen Jahren ein merklicher Unterschied statt findet. Der wenigste Regen fiel im Jahre 1691, da es nicht völlig $31\frac{1}{2}$ Zoll, und der meiste im Jahre 1682, da es über $50\frac{1}{2}$ Zoll geregnet. Es beträgt also der Unterschied zwischen dem größten und kleinsten Regen 19 Zoll, welches etwas über die Hälfte von dem kleinsten Regen ist; folglich hat es noch mehr als ein mal so viel geregnet, da es am meisten regnete, als wenn der wenigste Regen statt fand. Am gewöhnlichsten haben die

d) Nützliche Versuche. Th. II. Cap. VI. §. 88.

die nassen Jahre 42 bis 44 Zoll, die trockenen 34 bis 38; also ist der Unterschied der nassen 2 und der trockenen 4 Zoll, mithin beträgt der Unterschied der nassen $\frac{1}{22}$, der trockenen hingegen etwas über $\frac{1}{9}$. Es ist folglich der Unterschied der trockenen Jahre weit größer als der der nassen. Nimmt man die Summe von 5 zu 5 Jahren zusammen, so erhält man für die ersten 5 Jahre 202,07, für die andern 210,20, für die dritten 208,93, und das arithmetische Mittel zwischen der größern und kleinsten Zahl giebt beynahe 206 Zoll. Wenn also gleich zuweilen sehr nasse und ein andermal wieder sehr trockene Jahre einfallen, so regnet es doch beynahe in einer Zeit von 5 Jahren ein mal so viel als das andere.

Vom Jahre 1697 an hat Derham e) nach Townley's Methode zu Upminster in Essex die Beobachtungen über die herabgefallene Regenmenge fortgesetzt, und dieselbe bey weitem geringer als zu Lancastershire gefunden. Uebrigens hat er die Menge des Regens nach dem Gewichte und nicht nach der Höhe aufgezeichnet, und dabey die Barometerveränderungen gesetzt, um daraus seiner Meynung nach zu erkennen, wie viel der Regen, als noch in der Luft hangender Dunst, den Druck derselben vermehrt habe.

Sedileau fand nach seinen Beobachtungen die jährliche Menge des herabgefallenen Regens um Paris ohngefähr auf 19 Zoll Höhe. Von dieser Zeit an sind die Beobachtungen über die Menge des Regenwassers in Frankreich ununterbrochen fortgesetzt worden. De la Hire, dem besonders das Geschäft, meteorologische

e) Philos. Transact. epitomized by *Lowthorp*. Vol. II. p. 61. sqq.

sche Beobachtungen anzustellen, von der Akademie aufgetragen war, hat eine geraume Zeit die Menge des Regens, und seit der neuen Einrichtung der Pariser Akademie oder 1699 jährlich dieselbe dem Publicum mitgetheilt. Vauban hatte in einem Aufsatze der Akademie zu Paris die von ihm von 1685 bis 1694 zu l'Jsle beobachtete Regenmenge übersendet; die sechs leztern Jahre derselben verglich de la Hire mit der Menge des Regens, welche in denselben Jahren zu Paris herabgekommen war, auf diese Art:

Jahre	Regen zu l'Jsle			Regen zu Paris		
	Zolle		Linien	Zolle		Linien
1689	18	—	9	18	—	$11\frac{1}{2}$
1690	24	—	$8\frac{1}{2}$	23	—	$3\frac{3}{4}$
1691	15	—	2	14	—	$5\frac{1}{4}$
1692	25	—	$4\frac{1}{2}$	22	—	$7\frac{1}{2}$
1693	30	—	$3\frac{1}{2}$	22	—	8
1694	19	—	3	19	—	9
	Summe 133 Zoll $6\frac{1}{2}$ Lin.			Summe 121 Zoll 9 Lin.		

Diese Vergleichung ergab also, daß es zu l'Jsle mehr, als zu Paris regnet, und daß die jährliche Regenmenge im Mittel von diesen Jahren zu l'Jsle 22 Zoll 3 Linien, und zu Paris 20 Zoll $3\frac{1}{2}$ Linien seyn wird. De la Hire fand aber die Menge des Regens im Jahre 1695 auf 19 Zoll $7\frac{3}{4}$ Linien, im Jahre 1696 auf 19 Zoll $5\frac{1}{2}$ Lin., im Jahre 1697 auf 20 Zoll 3 Lin., und im Jahre 1698 auf 21 Zoll 9 Lin., und für die 10 Jahre im Mittel auf 20 Zoll $3\frac{1}{2}$ Linie, wie bey den 6 ersten Jahren; dagegen gaben die 6 leztern Jahre zu l'Jsle das Mittel 22 Zoll 3 Lin. und die zehn Jahre zusammen die jährliche mittlere Höhe auf 23 Zoll 3 Linien.

Vom Jahre 1699 an hat de la Hire die Regenmenge auf folgende Art beobachtet:

Jahre	1699	1700	1701	1702	1703	1704
	Linien	Linien	Linien	Linien	Linien	Linien
Januar	11½	11¾	7½	18¾	9½	15
Februar	11½	13¼	19¾	18	14¾	15½
März	1¼	13¼	22	9½	4	19¼
April	36¼	27¾	1	17½	16¼	16
May	22¼	17½	10½	5¾	34½	27¼
Juni	29¼	44¼	38½	9	23	24¼
Juli	11	35¾	27¼	19	28¼	9¼
August	18½	9	45	35¾	23½	27
Sept.	35	1½	10	11¼	20¾	34
Octob.	12¼	24	24¾	15½	17	8¼
Nov.	9¼	25¾	19¼	18	13	19¾
Dec.	15¼	16¾	10¾	18	3¾	23
Summe	224¼	240½	256¼	196	208¼	238½

Jahre	1705	1706	1707	1708	1709	1710
	Linien	Linien	Linien	Linien	Linien	Linien
Januar	5¾	8¼	4⅞	28	27⅜	12⅜
Februar	8	15⅞	10	15	13⅞	3½
März	7⅛	3⅝	11	16	20 2/8	14⅛
April	23⅜	7½	4⅛	17¼	27⅜	17¾
May	4½	23½	11⅜	30¼	32	12
Juni	15½	21½	16⅞	23⅛	45 4/8	9
Juli	2¾	13	38	32	18 2/8	17⅜
August	19	5⅜	34¾	15	10⅞	37⅜
Sept.	16⅛	18⅜	9¼	12	29 2/8	15¾
Octob.	27⅞	19¼	41	15	17⅝	11⅛
Nov.	13¼	17	6	6½	1⅝	21⅛
Dec.	23½	30⅜	27¾	9¼	11 6/8	17
Summe	166¾	183⅝	215	219⅜	261⅛	188¾

Jahre

Jahre	1711	1712	1713	1714	1715	1716
	Linien	Linien	Linien	Linien	Linien	Linien
Januar	8 1/4	20 1/8	19	4 3/4	6 7/8	29 1/8
Februar	51 1/8	8 3/4	12 2/8	9 1/4	6 7/8	9 7/8
März	18	6 1/4	8 5/8	11 3/8	14 5/8	15 3/8
April	20 3/8	51 1/8	29	5 7/8	19 1/4	6 2/8
May	32 1/8	12 3/8	25 2/8	16 5/8	12 1/4	10 3/8
Juni	8 1/8	23 1/8	22 5/8	30	30 5/8	4 3/8
Juli	51 1/8	36 1/2	60 7/8	28 3/8	21 1/8	24 2/8
August	20 1/8	6	24 7/8	9 7/8	38 5/8	3 7/8
Sept.	24 1/2	39 3/8	16 5/8	22 3/4	8 1/4	27 5/8
Octob.	34 1/4	25 3/4	17 7/8	17 1/8	11 3/4	27 1/8
Nov.	21	16 1/4	8 3/8	0 3/8	24 1/2	10 4/8
Dec.	15 3/4	8 5/8	2 1/8	20 3/4	15 1/4	8 4/8
Summe	302	254 1/4	247 1/2	177 1/8	210 1/2	172 2/8

Jahre	1717	1718	1719	1720	1721	1722
	Linien	Linien	Linien	Linien	Linien	Linien
Januar	7 5/8	12 3/4	13 3/4	10 1/3	3 1/2	4 2/3
Februar	9 7/8	8 1/2	11 3/4	8 1/2	9 5/6	16 1/6
März	7	13 3/8	3	9 1/8	6 1/6	16
April	17 1/2	22	5	16	16	4
May	20 7/8	7	4 1/6	34	8 2/3	32
Juni	18 1/4	25	20	51	16 5/6	19
Juli	25 1/8	12 3/8	21 1/6	15	6	11 2/3
August	14 3/8	19 1/2	2	36	17	26
Sept.	26 5/8	9 1/8	6	9 2/3	13 1/6	23
Octob.	10	16 3/4	14	10 1/8	14 1/3	0
Nov.	15 5/8	4 1/2	14 1/2	8	20 1/6	10 1/2
Dec.	39 5/8	0 3/4	7	17 3/4	19 5/6	12 1/6
Summe	212 1/2	157 3/4	112 1/3	205 2/3	151 1/3	175 1/6

Jahre	1723	1724	1725
	Linien	Linien	Linien
Januar	$7\frac{2}{3}$	$8\frac{1}{2}$	$13\frac{1}{2}$
Februar	$8\frac{1}{3}$	$20\frac{1}{3}$	0
März	$4\frac{1}{3}$	$15\frac{1}{3}$	$6\frac{5}{6}$
April	$0\frac{2}{3}$	12	$8\frac{1}{2}$
May	$7\frac{5}{6}$	$4\frac{1}{2}$	$34\frac{1}{2}$
Juni	16	$29\frac{1}{2}$	$45\frac{2}{3}$
Juli	$21\frac{2}{3}$	5	15
August	$7\frac{2}{3}$	$4\frac{1}{2}$	31
Sept	$8\frac{1}{2}$	2	$11\frac{1}{6}$
Octob.	$4\frac{1}{6}$	$15\frac{1}{3}$	13
Nov.	$6\frac{1}{2}$	8	$3\frac{1}{6}$
Dec.	$9\frac{1}{2}$	$23\frac{1}{6}$	28
Summe	92	148	210

In dieser ununterbrochenen Reihe von 27 Jahren, da die Menge des herabgefallenen Regenwassers bestimmt worden ist, findet sich die Höhe desselben nicht mehr als ein mal 302 Linien oder 25 Zoll 2 Linien, und auch nicht mehr als ein mal 92 Linien oder 7 Zoll 8 Linien. Das erstere geschah im Jahre 1711, und das andere im Jahr 1723; mithin ist in einer Reihe von 27 Jahren nur Ein Jahr sehr feucht und Ein Jahr außerordentlich trocken gewesen, wiewol de la Hire bemerkt, daß die außerordentliche Trockenheit des Jahres 1723 keinesweges im ganzen Königreiche statt gehabt habe. Der Unterschied der Regenmenge dieser beyden Jahre beträgt 17 Zoll 6 Linien, welches die Höhe im trockensten Jahre um 9 Zoll 10 Linien übertrift. Also würde es im feuchtesten Jahre beynahe dreymal mehr als im trockensten Jahre regnen, da es nach den Angaben von Townley in England im näch-

nässesten Jahre mehr als noch ein mal so viel wie im trockensten geregnet. Allein die Trockenheit des Jahrs 1723 war ein außerordentlicher Fall, und läßt sich daher eigentlich gar nicht zur Bestimmung einer wahrscheinlichen Regel bey der Vergleichung der trockensten und feuchtesten Jahre in Anwendung bringen. De la Hire hat aus mehreren Beobachtungen das Mittel zwischen den trockensten und feuchtesten Jahren auf 19 Zoll Höhe bestimmt; woraus erhellet, daß es überhaupt in Frankreich mehr trockene, als nasse Jahre giebt, und weniger, als in England, regnet.

In Deutschland hat Herr Algöwer [f]) in Ulm dergleichen Beobachtungen vom Regen- und Schneewasser angestellt, und sie vom Jahre 1715 bis 1721 ununterbrochen fortgesetzt. Sein Regenmaas, das er hiezu gebrauchte, war ein viereckte aus verzinntem Eisenbleche verfertigtes Gefäß, dessen Länge und Breite 1 Fuß, und die Höhe 4 Zoll betrug. Das darin aufgefangene Regenwasser goß er in ein kleineres Gefäß, dessen Länge und Breite so wie auch die Höhe 3 Zoll ausmachte. Nach diesem kleinern Gefäße zeichnete er die Höhen auf, welche durch die Zahl 16 dividirt die Höhen für dasjenige Gefäß gaben, womit er den Regen aufgefangen hat. Das dabey gebrauchte Maas ist das Rheinländische. Seine gefundenen Resultate zeigt folgende Tafel:

Jah-

f) Specimen hyetometriae curiosae ab an. 1715 usque ad 1721. Franc. et Lips. 1721. 8.

Jahre	1715 u. 16	1716 u. 17	1717 u. 18
	Linien	Linien	Linien
März von der Nachtgl.	33	62	150
April	229	112	192
May	406	662	401
Juni	719	735	669
Juli	507	474	640
August	963	536	352
Septemb.	376	756	252
October	289	238	284
November	207	157	274
December	204	696	762
Januar	350	166	209
Februar	63	229	79
März bis zur Nachtgl.	194	32	92
Summe	4540	4855	4356

Jahre	1718 u. 19	1719 u. 20	1720 u. 21
	Linien	Linien	Linien
März von der Nachtgl.	40	80	59
April	477	140	375
May	680	274	778
Juni	1185	433	700
Juli	244	616	473
August	998	270	807
September	538	397	493
October	349	722	592
November	306	486	366
December	395	467	557
Transport	5212	3885	5200

Jahre

Jahre	1718 u. 19	1719 u. 20	1720 u. 21
	Linien	Linien	Linien
Transport	5212	3885	5200
Januar	474	553	150
Februar	430	575	225
März bis zur Nachtgl.	414	154	5
Summe	6530	4157	5580

Jahr 1715	23 Zoll 7 Linien
— 1716	25 — 2 —
— 1717	22 — 8 —
— 1718	34 — - —
— 1719	26 — 2 —
— 1720	29 — 6 —

Für das Jahr 1712 fand er die Regenmenge 34 Zoll 3 Linien, für 1713, 28 Zoll 9 Linien, und für 1714, 26 Zoll 3 Linien hoch.

Wolf macht hierüber folgende Bemerkungen. Weil 34 Zoll die größte und 22 Zoll 8 Linien die kleinste Höhe ist, so beträgt der Unterschied zwischen dem stärksten und geringsten Regen 11$\frac{1}{4}$ Zoll, welches sehr nahe die Hälfte von dem wenigsten Regen ist. Mithin hat es in Ulm im feuchtesten Jahre noch halb so viel geregnet, als in dem trockensten. Ueberhaupt, sagt Wolf, könne man fast überall annehmen, daß es in den nässesten Jahren 1$\frac{1}{2}$mal so viel regne, als in den trockensten. Die mittlere Größe zwischen den gewöhnlichen Regen beträgt 26$\frac{1}{2}$ Zoll. Vergleicht man diese mit der zu Paris, so wird man finden, daß es zu Ulm mehr als zu Paris regnet. Wenn man, sagt er endlich, an vielen Orten dergleichen Beobachtungen mit Genauigkeit anstellte, so würde man daher aller-

hand

hand nützliche Bemerkungen von dem Unterschiede der Länder machen können, besonders wenn man auch die Veränderungen des Barometers, Manometers und Thermometers zugleich beobachtete. Er räth daher an, diese Sache einmal mit rechtem Ernste anzugreifen.

Nach dem allgemein bekannten Gange der Natur kann weder Regen, Schnee noch Hagel anders entstehen, als wenn sich hinreichend große und dichte Wolken gebildet haben, aus welchen diese Feuchtigkeiten herabfallen. Nun entsteht aber die Frage, auf welche Art sich die Wolken bilden, und wie daher Regen erzeugt werden könne? Die hievon allgemein angenommene Vorstellung der Naturforscher dieses Zeitraums ist diese: man nahm an, daß das Wasser durchs Ausdünsten in Bläschen verwandelt würde, die specifisch leichter als die umgebende Luft wären, und daher in die obern Gegenden des Luftkreises aufstiegen; daselbst sammlete sich nun das Wasser unter der Gestalt der Wolken an, und bleibe im Luftkreise so lange schweben, bis die Menge zu groß würde, oder die Theilchen zu dicht an einander kämen, um in der Luftschicht, in welcher sie schwebten, länger erhalten werden zu können. Durch die Vereinigung dieser Theile, oder durchs Zerplatzen der Bläschen fiele alsdann dieß Wasser in Tropfen herab. Man hielt daher für die nächste Ursache des Regens die Verdichtung der in die Atmosphäre aufgestiegenen Dünste. Eine solche Verdichtung könne aber durch Erkältung, Verdünnung der Luft, durch den Windstoß, besonders solcher Winde, die einander entgegengesetzt sind, und welche die Wolken gegen die Berge treiben u. s. w. bewirkt werden.

Daß die Sichtbarwerdung der Dünste vorzüglich durch Verdünnung der Luft entstehe, zeigte

Wolf

Wolf[g]) durch folgenden Versuch. Er zündete ein wenig Weingeist an, hielt darüber eine weite gläserne Glocke, und stürzte alsdann diese über den Weingeist. In der Luft, welche die Glocke eingeschlossen hielt, sahe man nicht das geringste. Sobald er aber nur durch einen Zug der Luftpumpe die Luft unter der Glocke verdünnte, so entstand durch die ganze Glocke ein Nebel, der sich bald in einen Wirbel herum bewegte, und zu fallen anfieng. Indem er sich herum zu bewegen begann, ward die Luft dazwischen hin und wieder helle, und der Nebel erfüllte nur hie und da einen Strich davon. Wenn er fallen wollte, ließ er von außen Luft unter die Glocke, und alles ward wieder so helle, wie zuvor. Nun schließt er so, wenn die Luft dünner wird, so wird sie leichterer Art, als sie vorher war. Da nun die Dünste des Weingeists in der Luft von schwererer Art hängen blieben, in der leichtern Art aber fallen, so müssen sie anfänglich einerley Schwere mit der Luft haben, oder doch beynahe von eben der Art der Schwere seyn, damit sie den Widerstand der Luft nicht überwinden können. Wenn also die Luft leichterer Art wird, so werden sie alsdann schwererer Art. Aus diesem Versuche lasse sich nun erkennen, 1. daß die Ausdünstungen, und alles, was in die Luft gehe, sich dadurch in der Luft erhalten können, weil sie mit ihr einerley Art der Schwere besitzen, 2. daß eben diese Ausdünstungen aus der Luft herunterfallen, wenn die Luft dünner und leichterer Art werde, 3. daß die Ausdünstungen in der Luft sich so zertheilen könnten, daß man sie nicht sehe, unerachtet sie sich in großer Anzahl darin befänden, 4. daß die Luft keinesweges von Dünsten rein sey, wenn sie hell sey, sondern es auf die Lage derselben in der

g) Nützliche Versuche. Th. II. Cap. VI. §. 84.

der Luft, nicht auf ihre Zahl ankäme, wo sie trübe werde, 5. daß sich die Dünste in einen Nebel zusammenziehen, wenn die Luft leichter werde, und 6. daß sie sich zertheilen, wenn die Luft wieder schwerer werde. Da aber hiernach bey jedem Regenwetter der Druck der Luft geringer seyn, mithin das Barometer herabsinken müßte, welches doch nicht jederzeit der Fall ist, so bemerkt Wolf noch, daß die Luft eben nicht allemal leichter werden dürfe, wenn es regnen solle, sondern wenn sie nur dünner werde. Denn die Dünste fielen herab, so bald sie schwererer Art wie die Luft würden; die Luft werde aber leichterer Art, wenn sie dünner werde; mithin würden alsdann die Dünste schwererer Art, als sie anfänglich mit der dichtern Luft einerley Art der Schwere hatten. Da also die Luft dünner werden könne, ohne daß sie leichter werde, so könne es auch regnen, wenn gleich die Schwere der Luft einerley bliebe.

Vermischte Bemerkungen in Ansehung der wässerigen Meteore.

Um die Höhe der Wolken in der Atmosphäre von der Erdfläche zu messen, kam Jakob Bernoulli [h]) auf den Gedanken, diese aus der Zeit zu suchen, welche vom Untergange der Sonne bis zu dem Augenblicke verstreicht, in welchem die rothe von der Erleuchtung durch die letzten Sonnenstrahlen herrührende Farbe der Wolken verschwindet. Auf diesen Gedanken war er durch vielfältig gemachte Beobachtungen bey heiterm Himmel, da sich nur hie und da einige Wolken zeigten, gekommen. Er hatte nämlich wahrgenommen, daß diese Wolken nach Untergang der Sonne

ne

h) Nova ratio metiendi altitudines nubium, in Act. erud. Lipſ. 1688. p. 98. ſqq.

ne bisweilen mit rother Farbe glänzten, bis sie endlich nach einer viertel- auch wohl halben Stunde, nachdem diese rothe Farbe plötzlich verschwand, wieder blaß wurden. Da ihm nun aus der Erfahrung bekannt war, daß die untergehenden Sonnenstrahlen die niedrigern Oerter eher als die höhern verlassen, nämlich zuerst Wiesen und Felder, nachher die Gipfel der Gebäude, und darauf die Spitzen hoher Berge, am spätesten aber die Wolken, und zwar die gegen Morgen gelegenen eher, als die gegen Abend befindlichen; so glaubte er schließen zu können, daß die rothe Farbe der Wolken von keiner andern Ursache abhange, als von der Reflexion der auf sie fallenden Sonnenstrahlen, und welche daher verschwinden müsse, sobald die Sonne den Wolken keine Strahlen mehr zusenden könne. Bey der Auflösung dieser Aufgabe selbst unterscheidet er vorzüglich drey Fälle, 1. wenn die Wolke im Scheitelpunkte des Beobachters sich befindet, 2. wenn sie zwar nicht im Scheitel, aber doch in einem Scheitelkreise liegt, und 3. wenn sie sich weder im Scheitel noch in einem Scheitelkreise befindet. Diesen letzten Fall hält er für den schwersten, und bemüht sich, Formeln zu suchen, aus welchen sich die Höhe der Wolke berechnen läßt. — Allein diese Methode ist schwerlich in der Ausübung mit Sicherheit zu gebrauchen, weil der Weg der letzten Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre wegen des verschiedenen Zustandes derselben ungemein veränderlich ist. —

Was die Größe der Wolken betrift, so hat **Mariotte** [i]) die Länge einiger über Eine Meile gefunden. Sonst ist sie aber ungemein verschieden.

Auch

i) Discours sur le mouvement des eaux. chap. III.

Auch suchte Wolf[k]) die Last der Wolken durch eine ohngefähre Rechnung zu bestimmen. Nach Algöwer's Beobachtung hatte es zu Ulm am 12ten Aug. 1718, $21\frac{1}{4}$ Linien hoch geregnet. Man nehme nun an, sagt Wolf, daß zur damaligen Zeit in einer Wolke so viel Wasser war, als herab geregnet sey; denn ungeachtet die Wolken beständig fortruckten, und nicht auf einer Stelle stehen blieben, könne man doch in solchen Fällen, da der ganze Himmel mit Wolken überzogen sey, die sich den ganzen Tag über nicht brächen, gar wohl annehmen, daß ein Theil der Wolken so viel Regen besitze, als der andere, und es mithin eben so sey, als wenn die Wolken stille stünden, und ein Theil davon auf den unter ihm liegenden Theil der Erde ganz herabregnete. Er wolle also einen Platz annehmen, welcher 40 Fuß lang und 40 Fuß breit sey, weil Algöwer einen solchen bey Abmessung des Regenwassers gebraucht habe. Dieser Platz besitzt also nach dem 12theil. Quadratmaße 1600 Quadratfuß = 230400 Quadratzoll = 33177600 Quadratlinien. Wird nun diese Fläche mit $21\frac{1}{4}$ Linie multiplicirt, so giebt das Produkt 705024000 Cubiklinien die Menge des Wassers, welches darauf geregnet, oder welches die Wolke enthielt. Nach dem Decimalmaaße wäre dieß 408000000 Cubiklinien = 408 Cubikfuß. Setzt man also das Gewicht eines Cubikfußes Wassers = 64 Pfund, so würde die Last derjenigen Wolke, welche bloß über einem Platze stand, der 40 Fuß lang und eben so breit ist, 408 . 64 = 26112 Pfund betragen.

Domin. Cassini[l]) untersuchte die Gestalt der Schneeflocken unter einem Mikroskope, und fand die gewöhn-

k) Nützliche Versuche. Th. II. Cap. VI. §. 91.
l) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1692.

gewöhnliche Gestalt derselben wie Sterne, aus deren Mitte sechs Strahlen unter gleich großen Winkeln ausgehen. Diese kleinen Strahlen dienten oft als Zweige, an welche sich kleine Nädelchen wie Blätter ebenfalls unter gleichen Winkeln angelegt hatten. Einige Schneeflocken stellten gleichsam das Bild einer Blume dar.

Was die Lockerheit des Schnees betrift, so fand Sedileau m), daß eine 5 bis 6 Zoll hohe Schneelage von der Sonne geschmolzen nur 1 Zoll hoch Wasser gab. Das nämliche ergaben auch die Versuche des de la Hire n). Indessen war doch in der Nacht vom 13ten bis zum 14ten Februar des Jahrs 1710 Schnee herabgefallen, welcher in einer 12 Zoll hohen Lage nur einen einzigen Zoll hohes Wasser gab. Diese große Verminderung des Schneevolumens durchs Schmelzen desselben war gerade noch einmal so groß, als es sonst gewöhnlich statt findet. De la Hire glaubte den Grund hievon in der äußersten Feinheit des Schnees, und in den kleinen außerordentlich trokkenen Eisnadeln zu suchen, welche sich unter einander gleichsam zur Stütze dienten, und daher einen sehr großen Raum einnahmen.

Sechstes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen solcher Erscheinungen, welche von den von selbst erfolgenden Mischungsveränderungen organisirter Körper abhangen.

Die äußerst wichtige Lehre von der Gährung war von den Naturforschern und Chemikern bis hieher

m) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1692.
n) Histoire de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1711.

her mit gar keinem glücklichem Erfolge untersucht worden. Erst Becher und vorzüglich sein verdienstvoller Commentator Stahl legten hiezu den Grund. Nicht sehr lange war die Chemie erst in eine wissenschaftliche Form gebracht, und die meisten damaligen Chemiker beschäftigten sich mit dem Problem, die unedlen Metalle in edle zu verwandeln; die eigentlichen Physiker aber waren größtentheils bloße Mathematiker, und suchten alle Erscheinungen der Natur aus mechanischen Principien abzuleiten. Daher kam es, daß die Lehre von der Gährung so sehr verspätet wurde.

Becher o) unterscheidet die Fäulniß von der Fermentation. Unter jener versteht er eine gänzliche Auflösung aller in der Mischung des Körpers befindlichen Theile, und unter dieser nur eine Veränderung der Mischung, oder vielmehr eine Vervollkommnung, welche die Erzeugung eines mehr verfeinerten und verdünnten Körpers zur Folge hat. Die Fäulniß findet vorzüglich bey thierischen Körpern statt, nicht etwa, weil die vegetabilischen Körper nicht eben so wohl der Fäulniß unterworfen wären, wie die thierischen, sondern weil im eigentlichsten Verstande die gänzliche Auflösung der thierischen Körper das Erste und Letzte ist; die vegetabilischen Körper aber vor der Fäulniß eine weinigte und saure Gährung erfahren. Daher handelt auch Becher zuerst von der Fäulniß, und nachher von der Fermentation.

Becher nimmt eine doppelte Ursache der Fäulniß an, nämlich 1. den Mangel der Einwirkung des balsamischen Geistes, und 2. den Einfluß der umgebenden Luft und der sich darin aufhaltenden Körperchen.

o) Physica subterranea. lib. I. sect. V. cap. I.

chen. Nach seiner Meynung ist in dem Blute der lebenden Thiere ein feiner und äußerst balsamischer Geist, welcher von ihm als Bedingung des Lebens betrachtet wird; seine Abwesenheit also, oder die nicht mehr erfolgende Einwirkung auf den thierischen Körper ist die nächste Ursache zur Fäulniß. Was aber die umgebende Luft betrift, so bewirkt diese, besonders wenn sie feucht und warm ist, in den fäulungsfähigen Theilen der abgestorbenen Körper eine mäßige Verdünnung, macht sie feucht, und treibt die in ihnen befindlichen ölichten Theile heraus, löset sie also nothwendig auf. Nachdem nun auf solche Art diese Theile gleichsam von ihren Banden befreyet werden, so entweichen sie in großer Menge; und da sie ganz andere Eigenschaften, als in ihrem vorigen Zustande, erhalten, und sehr fein zertheilt werden, so erregen sie den widrigen und ekelhaften Geruch. Dieser nämliche Erfolg findet bey thierischen Körpern statt, welche an sich schon viel Feuchtigkeit und Wärme besitzen, wenn auch übrigens die Luft nicht feucht und warm wäre. Ist aber auch das letztere, so wird die Fäulniß um desto mehr beschleunigt; denn alsdann ist die Einwirkung der Luft weit stärker.

Was nun die Wirkung der Fäulniß betrift, so besteht diese nach Bechers Meynung in den veränderten Eigenschaften der in der Mischung gewesenen körperlichen Theile. Diese Mischung bestand aber in der Verbindung einer Erde und des Wassers; durch die Fäulniß werden also die wässerichten Theile verflüchtiget, und die erdigten oder trockenen Theile bleiben zurück. Dieß lehre auch die Erfahrung, welches man besonders an dem so genannten Schimmel wahrnehme, der auf dem Wasser wie das trockenste Pulver

schwimme. Ehe aber die Fäulniß diesen Grad erreiche, erlitten erst die Substanzen verschiedene Stufen ihrer Veränderung. Zuerst fiengen sie an unscheinbar zu werden, alsdann löseten sich einige in eine eyterartige Materie auf, wenn sich besonders die äußere Feuchtigkeit mit der innern vermische; einige verwandelten sich in Schimmel, andere würden flüchtig, und verbreiteten einen Gestank; endlich blieben einige als Erde zurück. Dieß letztere geschehe aber nicht eher, bis aus der eyterartigen Materie Würmer, Fliegen, Schlangen und andere Insekten erzeugt wären. Die vorzüglichsten Produkte also, welche nach Bechern durch die Fäulniß sich bilden, sind Wasserdämpfe, Thiere, besonders flüchtiges Salz, welches eben den ekelhaften Geruch verursacht, und zuletzt eine nitröse Erde.

Als Mittel, welche der Fäulniß entgegen sind, giebt er an: 1. eine sehr kalte und trockene, und besonders eine sehr heiße und trockene Luft, 2. eine allzugroße Feuchtigkeit, wenn sie nämlich durch den Zufluß beständig erneuert wird. So lasse sich Fleisch in fließendem frischen Wasser lange gegen Fäulniß schützen. 3. alle geistige, feurige, ölichte und balsamische Substanzen, wie die Erfahrung hinreichend lehre, als z. B. Weingeist, Terpentinöl, Aloe, Myrrhen, Campher, Pech und dergl.

Die Fermentation findet vorzüglich bey den vegetabilischen Substanzen statt. Durch diese Operation werden die Körper nicht gänzlich zersetzt, wie bey der Fäulniß, sondern nur in ihrer Mischung verändert; es bleiben nämlich ihre Grundtheile, sie werden aber durch Einwirkung luftförmiger Körperchen verdünnter, vollkommener und veredelter. Becher setzt hiebey

bey folgenden Grundsatz fest: alle vegetabilischen Flüssigkeiten, welche süß schmecken, schleimigte Theile und ein dichtes Salz besitzen, sind vorzüglich einer Weingährung fähig, und zwar desto mehr, je süßer sie sind; im Gegentheil sind diejenigen, welche mehr Säure, mehr wässerige Theile und Salze enthalten, eher zur sauren Gährung geneigt.

Wenn z. B. der ausgepreßte Saft der Weintrauben oder der Most einer Luft ausgesetzt wird, welche weder zu kalt noch zu warm ist, so bemerkt man an ihm viererley Veränderungen, durch welche die Weingährung beendigt wird. Erstlich entsteht eine innere Bewegung, die feinern Theile lösen sich auf, werden flüchtig, und bilden das so genannte kohlensaure Gas (gas sylvestre Helmontii). Die Entweichung dieses luftförmigen Stoffs, welcher weder aus salzigen noch schweflichten Theilen besteht, sondern ein aus der Gegenwirkung beyder erzeugter mittlerer ist, dauert so lange, als die Gährung statt findet. Zweytens hat die gegohrne Flüssigkeit feinere Theile erhalten, die sich mit ihr aufs innigste verbunden haben, und diejenigen, die sie trinken, berauscht machen. Diese Theile sind seiner Meynung nach aus schweflichten und salzigen Theilen zusammengesetzt, und geben dem Flüssigen das so genannte Geistige. Drittens hat sich eine ganz neue Substanz erzeugt, welche Becher die Mutter des Geistigen nennt. Hierunter begreift er die Hefen, welche mit dem Geistigen verwickelt gewesen. Nachdem sich aber dieselbe von dem Flüssigen abgesondert, habe sich das frey gewordene Geistige mit der übrigen Flüssigkeit verbunden. Er nennt also diese abgesonderte Masse deßwegen die Mutter, oder die Milch des Weins (mater f. lac vini), weil ohne dieser die Flüs-

sigkeit gar kein Geistiges erhalten würde, und welche folglich dem Weine dasselbe gebe oder es gleichsam in ihm erzeuge. Endlich aber hat sich noch ein wesentliches Salz, das Weinsteinsalz, abgesondert. Soll nun der daher entstandene Wein keine weitere Veränderung erleiden, so muß er von den Hefen abgezogen werden; denn widrigen Falls verursache die beständig thätige Mutter wegen der Menge des Salzes und einer sauren syrupartigen Substanz, die sie enthalte, eine Säure.

Uebrigens bemerkt er noch, daß bey andern süßen Flüssigkeiten z. B. Zucker, Honig in Wasser aufgelöset, und hiezu besonders ein Gährungsmittel gesetzt, bey gehöriger Einwirkung der Wärme der nämliche Erfolg, wie bey der Weingährung, statt finde.

Wenn endlich die Weingährung ganz vorüber ist, und der Wein der freyen Luft noch weiter ausgesetzt bleibt, so fängt er von neuem an sich zu bewegen, wobey, wie beym Most, Luftblasen, jedoch nicht so häufig, in die Höhe steigen, und zugleich eine schäumige Masse (Gäsch) sich absetzt, welche bald in Fäulniß übergeht, und eine Menge kleiner Fliegen erzeugt. Nach einiger Zeit hat der Wein sein Geistiges verloren, und ist in Essig umgeändert worden. Soll der Essig gut gerathen und nicht schaal werden, so fordert Becher eine Ruhe des Flüssigen, eine beständig gleichförmige Wärme, und keine zu große der freyen Luft ausgesetzte Fläche.

Aus diesem angeführten sieht man hinreichend, daß Becher von den wahren Gründen der Gährung noch weit zurück war; die damaligen Kenntnisse waren freylich noch zu gering, um in dieser bis jetzt noch nicht aufs reine gebrachten Lehre die Geheimnisse auf ein-

einmal glücklich zu entwickeln. Indessen war er doch der Erste, der hierin alle seine Vorgänger übertraf, und den Grund legte, auf den die nachfolgenden Chemiker und Physiker bauen konnten. Sein Commentator Stahl[p]) erweiterte und verbesserte schon Bechers Lehre mit ungemein glücklichem Erfolge, ob er gleich noch sehr viele Lücken zurücklassen mußte. Er war der erste, der mit Recht behauptete, daß die Fäulniß keine eigene für sich bestehende Naturoperation sey, sondern bloß als eine Gattung der Gährung überhaupt angesehen werden müsse. Daher handelt er auch zuerst von der Gährung überhaupt. Seine Erklärung davon ist aber nicht ganz richtig; er versteht nämlich darunter im weitläuftigen Verstande eine innerliche Bewegung, wodurch verschiedene nicht gar zu fest verbundene Zusammensetzungen vermittelst der Einwirkung einer Feuchtigkeit an einander gerieben und unter einander gestoßen werden, so daß die Verbindung des Zusammenhangs getrennt, die losgerissenen Theilchen aber durch das stete Reiben verdünnt, und in eine neue und zwar stärkere Verbindung versetzt werden.

Wenn Substanzen einer Gährung unterworfen seyn sollen, so fordert Stahl, daß sie aus ungleichartigen und mit einander verbundenen Dingen, nämlich aus Salz, Oel und Erde bestehen müssen. Ueberdem müssen diese Dinge eine Zusammenhäufung von vielen kleinen Klümpchen (moleculae) ausmachen, die nicht zu hart oder zu fest sind, damit sie leicht von einander getrennt werden, und sich folglich, wenn ein jedes

p) Zymotechnia fundamentalis, oder allgemeine Grunderkenntniß der Gährungskunst, ins Deutsche übersetzt. Frankf. u. Leipz. 1734. 8.

jedes für sich durch Bewegung angetrieben worden ist, unter einander reiben und zusammen stoßen können. Daher ist in den festen zur Gährung unterworfenen Körpern nöthig, daß vorher eine Trennung der zu fest mit einander verbundenen Theilchen bewerkstelligt werde. Auf solche Art werden z. B. die trockenen Früchte, als Weizen, Gerste u. d. gl. gemahlen oder geschroten u. s. f., der Zucker durch Wasser geschmolzen u. s. f. Bey solchen Dingen aber, die schon mit Wasser vermischt sind, als z. B. saftige Früchte, wird bloß der Saft ausgepreßt, und auf solche Art zur Bewegung bequem gemacht. Gleichwol müssen aber doch alle diese Theile in einer gewissen Berührung unter einander verbleiben, damit sie sich stoßen, und an einander reiben können.

Hiernächst führt Stahl alle diejenigen Substanzen an, welche der großen Naturoperation, der Gährung, unterworfen sind. Dahin gehören

1. alle süßschmeckende und saftige Baum- Stauden- und Krautfrüchte, als Weintrauben, Aepfel, Birnen, Kirschen u. d. gl.

2. alle mehligte Substanzen, als Weizen, Gerste, Reiß, Erbsen u. d. gl.

3. alle milchgebende Stoffe, als Nüsse, kernigte Saamen u. s. w. und überhaupt alles dasjenige, woraus sich ein flüssiges und klares Oel pressen läßt.

4. alle Saamen, welche würzhaft und zugleich süß sind, als Wachholderbeeren, Anis, Fenchel, u. d. gl.

5. alle Kräuter und Wurzeln, welche aromatisch und süßschmeckend sind.

6. überhaupt sind alle Kräuter im weitläuftigen Verstande der Gährung fähig.

7. Der eigentlichen Fäulniß sind unterworfen a. die Rückstände von allen gegohrnen, destillirten und ausgekochten Dingen, b. alle thierische Theile, besonders solche, die schnell Feuchtigkeit an sich ziehen, und c. alle diejenigen Theile, welche in Gährung gehen können.

In allen Substanzen, welche der Gährung fähig sind, bemerke man vors erste ein wirkliches Salz, welches seiner Natur nach sauer, aber auf vielerley Art gesättigt und stumpf gemacht sey. Hievon werde man durch die Erfahrung überzeugt, wenn man diese Substanzen trockne, und sie im offenen Feuer einer Destillation unterwerfe; hier gehe offenbar eine salzige Flüssigkeit über. Diejenigen Dinge hingegen, welche bloß in Fäulniß übergiengen, und besonders die thierischen Theile, zeigten in der Erfahrung keine Spur von Salz; denn die flüchtigen Salze, welche mit Hülfe des Feuers zum Vorschein kämen, könnten jetzt nicht mehr als ein Bestandtheil betrachtet werden, der unter dieser Gestalt schon vorher in der thierischen Mischung vorhanden gewesen sey, sondern sie würden erst durch Beyhülfe des Feuers erzeugt.

Zweytens zeige sich auch bey denjenigen Dingen, die in Gährung gehen, eine wirkliche Fettigkeit, welche ebenfalls sehr leicht durch die Destillation im offenen Feuer erkannt werde. Hiebey fände aber der merkwürdige Unterschied statt, daß diese Fettigkeit eine doppelte Consistenz besitze; die eine Art sey nämlich sehr zart und flüchtig, und die andere zäh und dick. Die von der ersten Art finde sich vorzüglich bey den der eigentlichen Gährung fähigen Körpern, die von der andern Art aber enthalte diejenigen Substanzen, die der Fäulniß allein unterworfen wären.

End-

Endlich drittens zeige sich auch bey den der Gährung unterworfenen Körpern ein erdigter Bestandtheil, welchen man nicht allein nach schon vollbrachter Gährung an den so genannten Hefen, sondern auch bey der Destillation im offenen Feuer hinreichend wahrnehmen kann.

Stahl fordert aber, daß alle diese Grundtheile aufs innigste mit einander verbunden seyn, und in dieser Verbindung einen völlig gleichartigen Körper geben müssen, wenn derselbe in Gährung kommen soll, und betrachtet daher folgenden Satz als einen Grundsatz:

Alle diejenigen zusammengesetzten Dinge, welche nicht nur zu einer einförmigen und fast durchsichtigen Zartheit vermittelst des Wassers oder des Kochens gebracht werden können, sind zu einer einförmigen und besonders zu einer solchen Gährung, welche einen Weingeist hervorbringen soll, um so weniger geschickt, je mehr sie nach ihrer Beschaffenheit von dieser Regel abweichen.

Diese innigste Verbindung der Grundtheile mit einander ist besonders daraus abzunehmen, daß keiner von denselben seinen Geruch und Geschmack frey vor den andern zu erkennen giebt. Es werden daher auch diejenigen Körper, welche einen von diesen Grundtheilen im Ueberflusse besitzen, weniger in eine gleichförmige Gährung kommen können. So sind diejenigen Saamen und Gewürze, welche einen großen Ueberschuß von Oel, der mit dem Salze in keine genaue Verbindung getreten ist, besitzen, zur weinigten Gährung nicht geschickt; wenn aber dieser mit dem Salze unverbundene Theil gehörig abgesondert wird, so werden sie alsdann erst zur Gährung fähig.

Wenn

Wenn aber eine Gährung statt finden soll, so wird eine innere Bewegung der kleinsten körperlichen Theilchen vorausgesetzt. Um nun zu bestimmen, durch welches Mittel diese Bewegung bewerkstelligt werde, so bemerkt er, daß die Wirkung der Gährung theils in einer einfachen Auflösung, theils in einer Verdünnung oder Zartmachung, theils aber auch in der Umschaffung eines neuen Produkts entstehe. Was die Auflösung betreffe, so geschehe diese vermittelst des Zusammenstoßens; das Subjekt also, welches mit andern Dingen zusammengestoßen werden müsse, sey die große Menge der kleinen Körperchen, welche in ihrem Zusammenhange von einander zu trennen wären, ehe sie sich unter einander stoßen könnten. Diese Trennung des Zusammenhanges werde aber von einem flüssigen Wesen bewirkt, und zwar bloß von einem wässerigt flüssigen, welches mit dem kleinen Körperchen in einem genauen Verhältnisse stehen müsse. Ueberdieß müsse dasjenige Körperchen, welches auf solche Art ergriffen werde, auf die übrigen mit ihm verbundenen Körperchen nothwendig ein besonderes Vermögen zu wirken besitzen. Denn wenn dieß nicht statt fände, so würde entweder gar keine gemeinschaftliche Bewegung derselben erfolgen, oder es würde dieses einzige Körperchen ganz allein aus der Verbindung mit den übrigen gebracht, mithin bloß eine Extraction erfolgen. Es müsse also dieß zur Bewegung dienende Wesen entweder das Ganze allenthalben unmittelbar anstoßen, oder auch mittelbar durch Berührung auf einer einzigen Seite alle übrige unter sich verbundene Theilchen zugleich mit in Bewegung setzen. Wenn das letztere seine Richtigkeit habe, so folge, 1. daß das wässerigt-flüssige Wesen nicht bloß formal oder wesentlich seine Bewegung in diese Theilchen oder gährende Körperchen ver-

vertheile, sondern gewisser Maaßen auch vermittelst eines materiellen Beytritts, und vermittelst eines gewissen Zusammenhanges diese Theilchen mit bewege, 2. daß, jemehr dasjenige Theilchen, welches von dem Wasser unmittelbar und zuerst berührt werde, von den übrigen losgerissenen Theilchen nach und nach befreyt werde, auch die Bewegung desto inniger und subtiler von statten gehe. Dieses befinde sich aber wirklich so; denn das Wasser hänge sich an das salzige oder doch wenigstens an das feinste erdigte und seinem Vermögen nach dem Salze am nächsten kommende Theilchen der in Gährung gehenden Substanz. Dieses stoße es nicht allein durch wirkliche Berührung, sondern reiße es auch durch ein wirkliches Anhängen mit sich herum, und werde von ihm nicht anders getrennt, als durch die fortschreitende Bewegung, oder durch die Gewalt des Feuers, oder auch durch Verwickelung mit so vielen andern dergleichen Theilchen, welche der Bewegung oder der Wirksamkeit des wässerigen Theilchens, welches bisher mit ihnen verbunden war, dergestalt widerstehen, daß endlich das wässerige Theilchen selbst entweder ausgetrieben oder zur Ruhe gebracht werde.

Hieraus glaubt er nun zu schließen, daß das wässerigt-flüssige Wesen das Mittel der zur Gährung aufgelegten Substanzen sey. Ein jedes andere flüssige Wesen besitze dieses Vermögen zu wirken nicht. Dahin gehören 1. eine jede zu feine und zarte Flüssigkeit, weil sie die Fähigkeit nicht besitzt, die zusammengehäuften Körperchen in Bewegung zu bringen, wie z. B. ein jeder reiner brennender Geist. Daher komme es, daß der Zucker in einem stark rectificirten Weingeiste nicht aufgelöset werde. 2. Gehöre dahin ein jedes

des Flüssige, welches sich nicht auf irgend eine Art mit den Körperchen verbinden könne; als z. B. so wohl die zartern als gröbern Oele. Denn da der brennende Geist, der doch zum Theil wässerigt sey, kaum auf irgend eine Weise in die erdigt-wässerige Zusammensetzung eindringen könne, so sey das Oel zur Bewerkstelligung einer gleichmäßigen Wirkung noch viel ungeschickter. 3. Selbst die wässerigt-flüssigen Wesen besitzen dieses Vermögen nicht, welchen es an einer hinreichend schnellen Bewegung fehlt. Daher sey das kalte Wasser zur Gährung nicht geschickt. Denn schon eine merkliche Verminderung der Bewegung eines kaum lauwarmen Wassers verzögere die Gährung in eben dem Maaße, in welchem die Bewegung nachlasse. 4. Endlich sey ein jedes Flüssige hiezu ungeschickt, welches eine zu übermäßig geschwinde Bewegung besitze; denn auf solche Art würden bloß die Theilchen, auf welche es wirke, gleichsam unter einander geworfen, aber nicht getrennt; daher auch keine neue Verbindung entstehen könnte. So werde selbst das Wasser, wenn es recht warm werde, unvermögend, eine regelmäßige Gährung zum Vorschein zu bringen. Denn durch eine nur etwas zu große Wärme des Wassers würden auch solche Dinge, welche zur Gährung sehr geschickt wären, ungemein geändert, indem sich die zartesten Theilchen durchs Abdampfen verflüchtigten, und alles übrige in die größte Unordnung gebracht werde.

Uebrigens meint er, daß das Wasser in die Mischung der in Gährung gehenden Substanz eben nicht häufig eingehe, weil diese an und für sich zur Trockenheit geneigt sey. Daher gehöre das Wasser nicht zu der innern und wesentlichen Beschaffenheit der in Gährung

rung gebenden Dinge, und wirke folglich bloß als ein äußeres Mittel. Ja man könne es sogar mitten im Akt der Gährung bequem von dem Gemenge oder gährendem Satze scheiden, und gleichwol lasse sich die Gährung zu Ende bringen.

Es entsteht nun aber die Frage, warum das Wasser das Vermögen besitze, den zusammengesetzten Körpern eine gährende Bewegung zu ertheilen? Stahl beantwortet diese Frage so, 1. weil es diese Körper, jeden besonders, von einander trennen, und aus der Zusammenhäufung los machen könne, 2. weil es die so getrennten Körper zugleich mit bewege, mithin 3. viele dergleichen Körper öfters unter einander zusammenstoße, woraus dann endlich 4. eine innigere und vollkommnere Trennung derjenigen Theilchen, welche diese Zusammensetzung ausmachten, erfolge. Wollte man aber weiter fragen, woher das Wasser diese Körper solchergestalt trennen und mit sich bewegen könne? so antwortet er, weil es sich an selbige gewisser Maßen anhängen könne. Endlich aber komme es bey dem Gährungsgeschäfte vorzüglich darauf an, woher die wässerigen Körper das Vermögen haben, daß sie an solchen Körperchen, die in Gährung übergehen können, und aus Salz, Oel und einer zarten Erde bestehen, sich wirksam zeigen zu können. Nach Stahls Meynung rührt dieß daher, weil in dem zur Gährung aufgelegten Körper schon derjenige Theil von Salz, welcher aus wässerigen und erdichten mit einander aufs innigste verbundenen Körperchen bestehe, wirklich zugegen sey; daher werde das äußere Waſsertheilchen entweder durch dasjenige, welches schon mit dem salzigtwässerigen verbunden sey, selbst wegen der Gleichheit seines Wesens, leicht vereinigt, oder es wirke auf dieses Salztheilchen auf eine andere Art.

Dag-

Dagegen wären die öligt flüssigen Theile nicht geschickt, eine gleiche Wirkung, wie das Wasser, hervorzubringen; denn in einer solchen Mischung welche in Gährung gebracht werden könne, sey nicht mehr als ein einziges, einfaches, gleichartiges Theilchen gegenwärtig, welches von mehreren gröbern, nämlich von salzigen und einfach erdigten Theilchen, gleichsam eingewickelt und eingeschlossen gehalten werde. Ueberdem sey auch die Größe dieser Theilchen selbst so ungleich, daß ein öligtes Theilchen weit kleiner als ein wässeriges und hiernächst auch noch weit kleiner als ein salziges und erdigtes sey, und daß folglich ein solches öligtes Theilchen die übrigen mit sich zu bewegen unvermögend sey. Wenn daher auch gleich ein öligter Körper in die Mischung eines in Gährung übergehenden Körpers eindringen könnte, so würde doch höchstens nichts weiter, als die Trennung eines gleichartigen öligten Theilchens von den übrigen damit innigst verbundenen, d. i. eine bloße Extraction bewirkt werden. Das Gegentheil aber bewirke allerdings das wässerigt flüssige Wesen, als welches 1. vermittelst seines gleichartigen Theils das Salz zunächst berühre, und dann 2. mit dem erdigten Theile in eine Verbindung komme, und zwar so wohl vermittelst des Salzes selbst, als auch unmittelbar in Ansehung seiner Größe.

Der letzte Umstand bey dem wässerigt flüssigen Wesen, der unmittelbar zur gährenden Bewegung das seinige beytrage, sey dieser, daß es lauwarm seyn müsse. Der Beytritt der Wärme, wenigstens einer solchen, die in einem temperirten Herbste in unsern Gegenden gewöhnlich statt finde, ist nach Stahl bey dem Akt der Gährung so wesentlich nothwendig, daß im entgegengesetzten Falle die Gährung über alle Maßen lang-

langsam von statten gehe, und alsdann gar keine Gährung statt habe, wenn das Wasser so kalt sey, daß es auf seiner Oberfläche zu gefrieren anfange. Demnach sey weder die Flüssigkeit schlechterdings, noch die Feuchtigkeit, noch das Wasser an und für sich zur Gährung hinreichend, sondern es werde hiezu ein gewisser und bestimmter Grad der Flüssigkeit, der von der Herbstwärme aus der Atmosphäre in dem Wasser erhalten werde, erfordert.

Was nun die Luft betrifft, so meint Stahl, daß diese zwar zur Bewirkung der Gährung in gewisser Masse nützlich, ja gar nothwendig sey; allein hin und wieder sey doch dieselbe nur vorgeblich als ein zur Gährung schlechterdings erforderliches Stück angeführt, und als ein wesentlicher Umstand derselben angegeben. Er behaupte vielmehr, daß die freye Luft keinesweges schlechterdings zur Gährung erfordert werde, sondern daß diese ebenfalls entstehen, ja in gewisser Masse auch bequem fortgesetzt werden könne, wenn gleich der Beytritt der äußern Luft gänzlich gehindert und ausgeschlossen worden. Er rede aber nicht von derjenigen Luft, welche das Gefäß umgebe, und die gährende Substanz, welche darin enthalten ist, vermittelst ihrer gelinden Wärme ebenfalls verändere, ob sie gleich dieß nicht einmal, in so fern sie Luft sey, verrichte; sondern er rede hier von der unmittelbaren Berührung, Zusammentretung und Vergesellschaftung derselben mit der gährenden Substanz selbst. Es fange nämlich die Gährung an, ja sie continuire, und endige sich sogar in einem ganz verschlossenen und vollen Gefäße; doch durchdringe sie nicht so leicht und geschwinde die ganze Masse der in Gährung gesetzten Substanz, zwar nicht aus der Ursache, als ob die mit beytretende Luft etwas

was dazu setze, oder auch zur gährenden Materie etwas beytrage, sondern weil die zartesten Theilchen der gährenden Materie selbst in die freye Luft verdampfen, welche, wenn sie zurückgehalten würden, die ganze Masse vermittelst ihrer Ausdehnung gleichsam zusammenpreßten, und, indem sie die freye Bewegung der Flüssigkeit ins enge zusammenzögen, den offenbaren Erfolg der Gährung eine Zeitlang gleichsam verborgen hielten. Ein augenscheinliches Beyspiel hievon gebe das englische Bier ab, welches selbst in verschlossenen Krügen immer zu gähren fortfahre, ob es gleich alsdann erst, wenn es geöffnet werde, auf einmal ganz und gar in Schaumgestalt heraussteige. Ueberdieß lehre auch noch die Erfahrung, daß aus dem Moste Wein werden könne, wenn gleich die große Heftigkeit des Schäumens und Ausdehnens aufs alleräußerste verhalten werde; da alsdann nichts desto weniger die Gährung, wiewol langsamer, vor sich gehe, und zwar ohne eine merkliche Verdunstung der allerzartesten Theilchen. Daher auch die Weine dieser Gattung, wenn sie anders recht bearbeitet würden, wohl dreymal so geistreich wären, als diejenigen, welche man vermittelst der beytretenden Luft verrauchen lasse.

Hieben sucht er zugleich die Meynung derjenigen zu widerlegen, welche glauben, daß bey der Gährung sich Luft entwickele. Stahl scheint aber von dieser ausstoßenden luftförmigen Materie noch keinen so richtigen Begriff gehabt zu haben, als schon vor ihm van Helmont; denn er sagt, man könne wohl leichtlich voraussetzen, daß in den in die Gährung gehenden Körpern, nämlich selbst in der Mischung derselben, gewisse Lufttheilchen verschlossen wären, die,

wenn diese Mischung zerstört werde, wieder frey würden, folglich durch ihre freye Ausdehnung einen so großen Raum einnähmen; wie man dann bemerke, daß dergleichen bey den Ausdünstungen der gährenden Dinge offenbar geschehe. Dagegen werde aber niemand läugnen, daß die Luft durch die Gewalt des Feuers weit schneller aus einer jeden Mischung ausgetrieben, und zugleich weit stärker ausgedehnt werde, als wenn sie sich für sich aus einer etwanigen Verbindung frey mache, und in ihrem natürlichen Zustande der Verbreitung überlassen werde. Bey der Behandlung derjenigen Körper im Feuer aber, welche zur Gährung aufgelegt wären, sey keine Spur einer eingeschlossenen Luft zu bemerken, welche sich doch offenbar zeigen müßte, wenn wirklich welche in der Mischung eingeschlossen wäre. Daher kommt es ihm viel wahrscheinlicher vor, daß der bey der Gährung sich entwickelnde Stoff, welcher der Luft so ähnlich sey, bloß den fetten Theil des in Gährung gehenden Zusammengesetzten, das äußerst verdünnt und aus seiner Mischung getrennt, jedoch vermittelst eines etwanigen sehr zarten Dunstes oder vermittelst gewisser untrennbarer Wassertheilchen in einen Dampf aufgelöset werde, ausmache. Die Gründe dieser seiner Meynung sind nach ihm folgende:

1. Sey es aus der Erfahrung unwidersprechlich bekannt, daß, je mehr dieses elastische Fluidum verhalten werde, ein desto geisthafterer Wein sich erzeuge; dieser öligte aufs subtilste brennende Geist sey aber allerdings fettig und schweflich.

2. Zeige sich dieses elastische Fluidum selbst den Augen, und gebe die mit ihm verbundene Nässe sichtbarlich zu erkennen, so daß die Keller, welche mit Aus-

Ausdünstungen dieser Art angefüllt wären, das Ansehen hätten, als ob sie in Nebel eingehüllt wären, und welche nicht allein sogleich ein brennendes Licht verlöschten, sondern auch als ein unvollkommener flüssiger Schweiß an die Wände der Keller sich anhiengen.

3. Dieß werde noch mehr durch die Zufälle bestätigt, welche dergleichen Ausdünstungen bey den thierischen Körpern zuwege brächten, als welche fast den öligt-schmierigen Ausdünstungen glichen, welche aus dem Rauche fetter halbgebrannter oder unter dem Glühen ausdämpfender Substanzen entstünden. Sie erzeugten nämlich Schwindel, erstickende Beklemmungen auf der Brust, ja sogar Steck- und Schlagflüsse; welches lauter Zufälle wären, die mit denjenigen sehr genau übereinkämen, welche von den Ausdämpfungen der beynahe ausgebrannten Hölzer entstünden.

4. Habe auch dieses elastische Fluidum seiner generischen Art nach eine große Aehnlichkeit mit der so ungeheuern Ausdehnung der elastischen Materien, welche sich bey der schnellen Abbrennung gewisser Substanzen erzeugten, wie z. B. beym Schießpulver. Endlich komme hiezu noch

5. dieses, daß solche brennbare Stoffe, wenn sie in eine flammende Bewegung gebracht, und aus ihrem Zusammenhange gesetzt würden, mit ihrer offenbaren Ausdehnbarkeit der Luft am nächsten kämen, mithin mit dieser sich schnell vereinigten, und einen Theil derselben auszumachen schienen.

Indessen möge dieses elastische Fluidum seyn, welches es wolle, so sey es doch gewiß, daß es nicht die Natur der äußern Luft besäße, welche während der gährenden Bewegung selbst in die gährende Materie eindringe, ob es gleich mit dieser eine große Aehnlich-

keit habe. Gleichwol wirke es aber nicht so, wie die äußere Luft. Denn wenn in einem Gefäße, worin die gährende Materie sich befinde, Raum gelassen, und die äußere darin eingedrungene Luft vermittelst der Luftpumpe ausgezogen werde, so erfolge nichts desto weniger eine Gährung, und wenn solche einmal entstanden sey, fülle sich dieser Raum leicht mit solchen elastischen Dämpfen an, welche Kraft genug besäßen, selbst das Faß zu zersprengen.

Zu mehrerer Bestätigung der Meynung, daß diese elastischen Dämpfe, welche aus der Gährung der Weine entstehen, fettiger Art seyen, bemerkt er noch, daß diese gährende Aufwallung, welche sehr viel von der elastischen Materie verflüchtige, merklich entkräftet, und folglich der Heftigkeit solcher Dünste Schranken gesetzt werde, wenn man eine flüssige Fettigkeit, Baumöl, Mandelöl, ja selbst Weingeist auf die Oberfläche solcher gährenden Materien bringe, daß sie diese völlig bedeckten; denn auf solche Art würden die ausbrechenden dunstförmigen Theilchen theils von der Fettigkeit eingesogen, theils wieder von neuem in die gährende Masse zurückgestoßen, indem die häufigen Bläschen, sobald sie dergleichen fette Flüssigkeiten berührten, und noch ehe sie an die freye umgebende Luft gelangten, zerplatzten und gleichsam verschwänden.

Was die Wirkung dieser Bewegung betreffe, so erfolge aus dem öftern Aneinanderstoßen endlich eine Scheidung, und daher eine größere Verdünnung oder Verfeinerung. Wenn nämlich die Theilchen, die in der gährenden Mischung mit einander verbunden gewesen wären, durch unzählige Aneinanderreibungen von einander getrennt wären, und nicht leicht solche Theilchen, von welchen sie abgerissen, wieder anträfen, so werde

werde vermittelst der Dazwischenkunst einer stärkern und immer mehr und mehr freyen Bewegung ein jedes wässerige Theilchen, welches zuerst drey mit einander verbundene Körperchen zugleich bewegen müßte, nunmehr, da schon eins davon getrennt worden, die beyden übrigen ebenfalls um so viel stärker und schneller herumtreiben können. Auf solche Art würden nun die aus Salz, zarter Erde und Oel oder Fettigkeit zusammengesetzten und aufs innigste verbundenen Theilchen, so wohl unter sich selbst, als mit den wässerichten leeren Theilchen zusammengestoßen und durch dieses Aneinanderreiben von einander getrennt. Wie diese Trennung dreyer mit einander verbundenen Theilchen erfolgen könne, sucht Stahl auf eine mechanische Art durch drey kleine Körperchen A, B, C, welche sich in ihren Oberflächen mit einander berühren, und zusammen einen einzigen Körper ausmachen, begreiflich zu machen, indem nämlich A eine halbkugelförmige, B eine cylinderförmige und C eine kegelartige Gestalt besitzt. Die in Gährung übergehenden Körperchen möchten aber von einer Gestalt seyn, von welcher sie wollten, so geschehe doch die Trennung derselben auf eine gleiche Art. Daß sie aber eben nicht in der Runde, sondern in der Länge, oder auch in der Länge und Breite zu ihrer Mischung zusammengehäuft worden wären, beweise dieß, daß sie zur Trockenheit geneigt wären.

Die Absonderung der in Gährung begriffenen Körperchen erklärt er nun so. Das wässerige Theilchen ergreift ein in Gährung gehendes Körperchen, und zwar hauptsächlich auf der salzigen Seite; dieses bringt es erstlich aus der Zusammenhäufung heraus, treibt es mit sich auf und nieder in dem übrigen Raume herum, wo mehrere und unzählige andere auf eben diese

 Art

Art bewegte, nicht weniger eben so viele oder noch mehrere freye und sehr stark und schnell bewegte wässerichte Theilchen eins um das andere an dasselbe gestoßen würden. Von diesem unordentlichen und unzähligen Anstoßen werden endlich die Theilchen, die vorher mit einander verbunden waren, größtentheils von dem salzigen Körperchen, den das Wasser selbst fester an sich halte und schneller herumtreibe, getrennt, und abgeschieden. Unter allen aber werden die fettigen Theilchen am ersten geschieden, welche sich nachher theils durch einen durchdringenden Geruch zeigen und in die freye Luft verflüchtigen, theils aber auch auf der Oberfläche des wässerigen Liquors ein zartes glänzendes Häutchen bilden, welches nach und nach von den ebenfalls abgesonderten erdigten Theilchen, die mit diesem Häutchen schon zum Theil vermengt worden, unsichtbar gemacht und verdickt wird, so daß es entweder zu Boden fällt, oder mit Beyhülfe einer größern Menge beyder abgesonderter Grundstoffe und dem Beytritte der Luft eine faulende Gährung verursacht, welche oberwärts vermittelst des Schimmels, unterwärts aber mittelst einer schleimigen Beschaffenheit die Theilchen in neue Gestalten umändert.

Daß die Salze, welche aus dem Akt der Gährung entstehen, von einer doppelten Art seyen, hält Stahl für gewiß; nämlich die eine Art, welche schon wesentlich in der der Gährung unterworfenen Substanz vorhanden war, und die andere Art, welche erst durch die Gährung von neuem erzeugt werde. Von der erstern Art sind die sauren Salze von salpetrigtvitriolischer Natur, welche sich in dem Gewächsreiche häufig finden, und hiernächst eine Art von Salz, die dem gemeinen Kochsalze oder dem Meersalze gleicht und

und in dem Thierreiche in Menge angetroffen wird. Von der andern Gattung sind die flüchtigen urinösen Salze im Thier- und Pflanzenreiche, und eine Vermehrung der sauren Salze selbst in den gegohrnen Gewächsen.

Ueberhaupt sey aber zu bemerken, daß sich nirgends ein alkalisches flüchtiges oder fixes Salz erzeuge, als in einer solchen Substanz, in welcher eine wirkliche Fettigkeit zugegen sey, und zwar von dicker Consistenz, welche mit schleimigten Theilen in Verbindung getreten. Dergleichen finde sich in den gährenden Dingen, und insbesondere im Weine an den so genannten Hefen, als welche ein äußerst schleimiges und zugleich salzigt-zähes und sehr fettes Gemenge wären. Aus diesem Gemenge könne aber ohne Feuer kein flüchtig urinöses, sondern nur ein saures weinsteinartiges Salz zum Vorschein gebracht werden, welches also mit jenem nicht besonders bestehen könnte. Oder wenn jenes flüchtige mit einem gleichen sauren Salze schon verbunden und gesättigt wäre, so würde es überaus leicht im Wasser aufgelöset, folglich durch selbiges geschieden werden können, welches aber auf keine Weise geschehe. Die Mischung der Hefen sey aber schon in eine solche genaue Verbindung gekommen, daß sie durch Hülfe des Feuers noch genauer geschähe. Es sey also das Feuer das einzige Mittel, wodurch aus allen Mischungen ein flüchtiges urinöses Salz erzeugt werde. Auch komme ein solches vermittelst der faulenden Gährung zum Vorschein, als wozu selbige einzig und am nächsten geneigt sey. So gäben die Hefen aus dem Moste gesammlet in bloßem Feuer 1. einen Geist, 2. eine Wässerigkeit, 3. ein Oel, und 4. ein flüchtiges Salz. Wenn aber eben diese Hefen mit wenigem Wasser,

oder wenn sie noch feucht sind, in einem verschlossenen Gefäße für sich selbst faulen, so entstehe ebenfalls ein solches Salz, welches sogar noch vor der Wässerigkeit und dem Oele aufsteige, obgleich mehr in flüssiger und für sich selbst nicht leicht in Trockenheit zu bringender Gestalt.

Auch entsteht nach Stahls Meynung der brennende Geist ebenfalls erst während der gährenden Bewegung. Denn es könne durch kein einziges Experiment dargethan werden, daß dieser Geist in irgend einer Mischung schon vor dem Akt der Gährung vorhanden gewesen sey. Daß er aber unter und von diesem Akt erst erzeugt werde, sucht er durch folgende Erfahrungen zu beweisen:

1. Wenn gestoßene Wachholderbeeren in Wasser gethan würden, worin man eine beträchtliche Menge Kochsalz geworfen, damit sowol das Gähren derselben gemäßigt, als auch die Erweichung der darin befindlichen schleimigen Theile befördert werde, so werde nach einigen Tagen bey einem zureichenden Grade des Feuers eine gar merkliche Quantität eines zarten flüssigen Oels übergehen; dabey aber werde man nicht das geringste Merkmal eines brennenden Geistes wahrnehmen. Wenn man dagegen eben so viele Beeren für sich, oder welches noch besser sey, mit einer Quantität Weizen, nebst ein wenig hinzugethanen Bierhefen in Gährung bringe, und darauf die Destillation vornehme, so werde man eine merkliche Menge eines brennenden Geistes, dagegen in Ansehung der vorigen Menge sehr wenig Oel gewinnen.

2. In den weinigten Gährungen selbst sey die Erzeugung des brennenden Geistes um so weniger dem geringsten Zweifel unterworfen. Denn wenn man fri-

schen

schen Most im Feuer destillire, so gehe eine merkliche Menge von einer fetten brenzlichen Substanz über, aber es sey kein brennbarer Geist wahrzunehmen. Habe man aber eine eben so große Quantität Most gehörig vergähren lassen, so steige alsdann bey der Destillation eine merkliche Menge des brennenden Geistes über, und wenn man die Hefen und den übrigen Bodensatz auskoche und abdestillire, so bekomme man einen weit geringern Vorrath von solcher Fettigkeit, als man aus dem ungegohrnen Moste erhalte.

3. Wenn man eine Quantität Weizenmehl destillire, und das Oel, so aus selbigem übergegangen, bemerke; eine gleiche Quantität aber erst gähren lasse, und nachdem man den Geist abgezogen, den Rückstand eben so, wie das vorige, zur Probe abdestillire, so werde man in Ansehung der Quantität zwischen den Oelen, die man aus der ersten und letzten Destillation erhalten, einen gar großen Unterschied wahrnehmen.

Da nun in derjenigen Gährung, wobey die brennenden Geister erzeugt werden, ein saures Salz vorhanden, und solche Dinge, welche gar nicht sauer werden könnten, zur Hervorbringung eines brennenden Geistes durchaus nicht geschickt wären, und endlich erst zu der Zeit, wenn etwas flüchtigsaures an dem gegohrnen Satze zu riechen sey, die wahre Erzeugung des brennenden Geistes geschehe, so glaubt Stahl schließen zu dürfen, daß der brennende Geist aus der Vereinigung eines überaus feinen sauren Wesens mit dem Oel und Wasser erzeugt werde.

Uebrigens meint er, daß der Erfolg der Gährung eine genaue Vereinbarung des brennenden Geistes mit dem Sauerwesen der Gährung deutlich beweise, weil selbst die essighafte Sauerwerdung diesen Geist in sich neh-

nehme. Denn daß dieser Geist selbst unmittelbar mit dem Sauerwesen des Essigs verbunden und verknüpft sey, zeigt das Experiment, wenn man destillirten Essig mit Kupfer oder noch besser mit Bley sättige. Hier verbleibe die Säure bey dem Bleyzucker in gar geringem Gewichte. Wenn aber dieser Bleyzucker im Feuer getrieben werde, gehe wirklich eine Quantität des brennenden Geistes über.

Das letzte Salz, welches bey der Gährung süßer Flüssigkeiten erzeugt werde, sey der Weinstein. Es habe sich zwar die Säure in der flüssigen Mischung wirklich schon befunden, noch ehe sie in die Gährung gekommen; allein die dicke und trockene in wässerigten Dingen sehr schwer aufzulösende Beschaffenheit ihrer Zusammensetzung rühre von der Wirkung der Gährung selbst her.

Es besitzen also die unreifen Trauben allerdings eine solche Säure, welche der Säure des Weinsteins ähnlich genug, und wohl noch stärker sey. Denn sie habe daselbst noch nicht so viele Fettigkeit, als in dem Weinsteine, welches denn auch die Ursache ihrer großen Säure sey. Indessen besitze sie zur trockenen dichten Consistenz keinesweges eine Neigung, sondern stelle jederzeit einen feuchten, für sich selbst zerfließenden Satz, vor. Es werde also der Weinstein offenbar erst durch die Wirkung der gährenden Bewegung aus der Mischung dieses erdicht-fettigen Bestandwesens in dem Sauerwesen erzeugt.

Alle diese Produkte der Gährung sehe man hauptsächlich im Weine, Bier, Mehl und Essig. Denn wenn man einen recht guten Wein in eine sehr hohe und enghalsige Phiole bringe, und die ganze Kugel bis an den Hals voll mache, und so in ein zwar ganz

heiß

heiß gemachtes, doch nicht bis zum wirklichen Sieden des Weins erhitztes Bad setze, so werde nichts, ja nicht einmal der geringste Dampf aus dem Weine fortgehen. Wenn er aber wieder erkalte, so zeige er nicht allein durch seinen Geruch und seine Durchsichtigkeit, sondern auch hauptsächlich wegen seines herbern und unangenehmern Geschmacks, ja selbst wegen seiner geschwinden Veränderung in Essig, zur Genüge, daß die innere Mischung des brennenden Geistes mit dem weinsteinigt fetten Bestandtheile, als welche beyde zuvor den Geschmack gemildert, schon von einander getrennt sind, und daß der flüchtige Geist selbst durch die Wärme von den schwerern Theilen abgerissen werde.

Diese Verbindung des brennenden Geistes mit dem weinsteinigt-fetten Bestandtheile mache also die eigentlichste Consistenz der gegohrnen Getränke aus, und bewerkstellige zugleich die Vereinigung und Verbreitung der gesammten geistigen, weinsteinigten, und etwas schleimigt erdigten Materie in der wässerichten Feuchtigkeit, also daß diese in den gegohrnen Getränken, welche bey dem Akt der Gährung bloß als Mittel der Bewegung gedient, nunmehr nach beendigter Gährung in eine etwas innigere Verbindung mit dem salzigt-geisthaften Bestandwesen eingehe, und nachher beständig bey demselben verbleibe.

Da also die auf solche Art durch die Gährung hervorgebrachten Getränke noch mit sehr vieler und zwar überflüssiger wässerichter Feuchtigkeit verdünnt wären, so würden sie in der Gährung leicht fortfahren, und aus ihrem weinigt geisthaften in einen essighaften und zuletzt faulenden Zustand versetzt. Denn so lange der brennende Geist noch nicht mit dem gröbern schleimig-fettigen Wesen fest verbunden, sondern ihm nur

etwas

etwas freyer anhange, und sonst in genugsamer Menge vorhanden sey, so habe es wegen seiner subtilen Bewegung die Oberhand, und halte zugleich jene leichtere Vereinigung der erdigt-fettern gröbern Theile durch sein Dazwischenkommen aus einander. Wenn man aber die Sache genauer betrachten wolle, so scheine es der Wahrheit gemäßer, daß selbst die Mischung des brennenden Geistes unter der essighaften Gährung großen Theils aufgelöset sey, daß folglich (ungeachtet der übrige Theil desselben sich mit dem Sauerwesen des Essigs verbinde) eine merkliche Quantität desselben von neuem aus seiner Mischung gleichsam herausgestoßen werde, und abermals die Consistenz einer dickern Fettigkeit oder eines Oels annehme, welche mit dem erdigtschleimigen Bestandwesen verwickelt zuerst mit demselben unter dem Nahmen der Hefen nach der Oberfläche, hierauf aber nach dem Boden zu gehe.

Gleichwie aber in der weinigt-geisthaftigen Gährung die sehr feine Einmischung des brennenden Geistes die übrigen fettigen Theile dieser Zusammensetzung verdünne, und die salzigen Theile wegen seines Dazwischenseyns an der sonst leicht geschehenden Verbindung mit den erdigten und fettigen Theilen zu größern Klümpchen verhindere; so müsse man alle Gelegenheiten sorgfältig verhüten, welche theils der Ausdünstung, theils aber nur der Absonderung dieser geisthaften Substanz von den übrigen gröbern Theilen, womit sie vereinigt sey, Platz machen könnten. Denn wenn auf solche Art ein geistiger Liquor in einem offenen Gefäße dem Beytritte der freyen Luft ausgesetzt sey, so verdunsteten diese zarten Theilchen überaus geschwinder; daher dann der Liquor nicht allein einen schaalen Geschmack erlange, sondern auch alsobald

bald in einen essighaften Zustand übergehe. Eben dieß erfolge mit gleicher Geschwindigkeit, wenn durch Hülfe einer größern oder beständig anhaltenden Wärme dieser zarteste Theil verflüchtigt, und folglich der ganze Zusammenhang geschwächt und gehemmt werde. Der geistige Liquor gehe also aus seinem Zustande bald in die Säure, jedoch vermittelst gleicher und zuvor abgesonderter Bewegungen, aber mit einem weit langsamern Bewegungstriebe, weil die elastischen Theilchen schon entwichen, und in die Mischung des brennenden Geistes eingegangen und gleichsam verschlungen wären. Auf solche Art werde also die Säure, welche aus dem weinigt geistigen Zustande durch Hülfe der Wärme entstehe, befördert, obgleich diese an sich nicht schlechterdings nöthig sey, um die essighafte Gährung zu bewirken, indem selbige auch sogar ohne merklichen Beytritt der Wärme eben so gut, jedoch nicht so geschwind, erfolge. Indessen sey eben diejenige Wärme, welche den geistigen Liquor schon vorher gleichsam zur Säure vorbereite, derselben mehr schädlich, und befördere selbst den Essig zur weitern Fortsetzung der Gährung d. i. zur Fäulniß. Doch könnten aber die dickern, zähen und schleimigten Dinge, wie z. B. die Biere, die Wärme weit besser vertragen. Denn da es sehr wahrscheinlich sey, daß in dergleichen Dingen endlich eine gute Quantität von saurem Salze erzeugt werde, so diene auch eine gemäßigte und dazu proportionirte Wärme allerdings zur Erweckung der nöthigen Lebhaftigkeit der innern Bewegung. Wenn aber dieselbe alsdann, wenn der Weingeist eben erzeugt werde, oder noch mehr, wenn er bereits erzeugt sey, nicht sehr gemäßigt werde, so bereite sie ihn sehr früh dazu, unschmackhaft und zäh zu werden, und endlich zur Fäulniß überzugehen, da als-

alsdann hiebey dasselbe Verhältniß, als sich zwischen der geistig weinhaften und essighaften Beweglichkeit befinde, äussere. Denn da die weinhaften Liquoren auch durch die gelindeste anhaltende Wärme in ihrer Verbindung geändert würden, so könnten die essighaften einen weit stärkern Grad und eine längere Dauer der Wärme aushalten. Inzwischen halte sich selbst der Weinessig, wenn er einer solchen Hitze, die dem Sieden nahe komme, ausgesetzt war, nachher nicht lange mehr, wenn gleich die Erwärmung in einem verschlossenen Gefäß geschehen, und man daher keinesweges sagen könne, daß das geringste davon gegangen sey. Wenn aber die überflüssige Wässerigkeit, als das vorzüglichste Mittel der ganzen gährenden Bewegung, auch dem Essig benommen werde, so gehe er nicht einmal, wenn er gleich wirklich gesotten, geschwind in eine solche neue Versetzung über. Denn die concentrirte Säure halte ihr beygemischtes Oel weit fester, als wenn sie mit vieler Wässerigkeit verdünnt sey.

Der letzte, aber keinesweges der geringste von den wesentlichen Umständen der Gährung ist nach Stahl die Zeit. Es werde nämlich desto mehr Zeit zur Beendigung der Gährung erfordert, je größer die Masse der in Gährung gebrachten Materie sey, und je gelinder sich der nach den Wärmegraden unterschiedene Trieb der gährhaften Bewegung äußere; da im Gegentheil die Gährung in kürzerer Zeit vollendet werde, wenn der Gährungstrieb entweder durch größere Wärme oder durch die Zartheit der Zusammensetzung oder durch beydes zugleich befördert werde. Da aber ein gar zu heftiger Trieb alles zu Grunde richte, so verursache er auch bey dem Akt der Gährung große Unbequemlichkeiten, indem dadurch die gröbern Theilchen

zu

zu schnell mit einander vereinigt, lange herumgetrieben, und die zärtern, an welche sie stießen und daran leicht hängen blieben, mit auf den Grund gezogen würden; daher alsdann, wenn der Trieb aufgehört habe, weit mehrere in der gröbern Zusammensetzung eingeflochtene Theile mit geschieden würden, den rückständigen Liquor aber um so viel dünner und sauerer hinterließen. Wegen dieser Umstände sey es also überhaupt am rathsamsten, wenn man die geistigen Gährungen so gelinde, als es nur immer möglich wäre, ins Werk richte.

Was die Hefen betreffe, welche sich theils auf die Oberfläche, theils auf den Boden, theils aber auch gerade zu auf den Grund setzten, so seyen diese nichts weiter, als die erdigten Theile der Mischung, welche vorher von dem Salzwesen aufgelöset gewesen, nunmehr aber von demselben geschieden, und, nachdem sich die fetten Theile etwas genauer mit ihm verbunden hätten, gleichsam dergestalt betäubt wären, daß sie mit diesem Salze sich nicht weiter vereinigen könnten.

Besonders würden solche Absonderungen von der Mischung unter den während dem Akt der Fermentation entstandenen Erzeugungen befördert. Denn so diene der brennende Geist als ein sehr zartes ölicht-wässericht-salziges zusammengesetztes Wesen nicht allein dazu, daß es nicht allein die erdigten Theile scheide, sondern auch vorzüglich dazu, daß es dieselben aus einander halte, damit sie sich nicht von neuem mit dem Salze so geschwinde vereinigen könnten.

Es sonderten sich also die mehr rein erdigten Theilchen von der gährenden Mischung, theils weil sie vermöge ihrer Gestalt mehr zur Festigkeit geneigt wären, theils aber weil sich die erst entstandene geistige Materie genauer einmenge und sie ausstoße; alsdann aber

vereinigten sie sich nicht allein unter sich in größern Klümpchen, sondern es setze sich auch ein Theilchen von einer gröbern und gleichsam harzigen Fettigkeit an; überdem werde auch hin und wieder ein merklicher Theil von dem salzig-sauren Bestandwesen mit eingeflochten.

Demnach bestehen die Hefen aus sehr vielen erdigten und häufig beygemischten öligt harzigen Theilen, so wie auch aus einer nicht geringen Quantität eines wirklichen und völlig gebildeten Weinsteins. Dabey hätten sie aber die Consistenz von einer schleimigen, dicken, zähen und gleichsam halbseifenartigen Materie; daher sie auch schwerlich trocken würden, und nicht einmal die ihnen beygemischte überflüssige Feuchtigkeit leicht fahren ließen.

Ueberhaupt aber gehen die Hefen zuerst in die Höhe, indem der harzigt-fettige Stoff, welcher mit den erdigten Theilen zugleich ausgestoßen worden, in dem wässerig-flüssigen Wesen so lange und so stark angetroffen werde, daß er außerhalb der Mischung getrieben werde, wofern er sich nicht irgendwo etwa anhangen und daselbst fest bleiben könne. Daher entstehe auch gleich anfänglich ein sehr leichtes, glänzendes und offenbar fettiges Häutchen, welches man an solchen gährenden Dingen, die ein wenig gelinder bewegt würden, und besonders an den sauernden, bemerke. Bey denjenigen aber, welche etwas stärker bewegt würden, lasse sich die Gestalt eines sehr subtilen Schaums sehen, welcher, indem er nach und nach zergehe, eine solche oben schwimmende fette Materie zeige. Je länger aber mit beyden fortgefahren werde, desto häufiger lasse sich eine solche Substanz sehen, welche allmählich dicker, endlich aber in eine grobe, staubige Consistenz zusammengesetzt werde. Auf solche Art bilde sich ein

dickes

dickes Häutchen, oder es werde auch in Flockengestalt unter der gährenden Aufwallung in den Liquor auf und nieder bewegt; beydes aber verstärke sich endlich dergestalt, daß das Häutchen selbst durch seine Schwere, die Flocken aber durch ihre Menge zu Grunde gestoßen würden, und daselbst ruhig liegen blieben. Wenn dieß geschehen, werde der auf diese Art von den Hefen befreyete Liquor klar, und habe folgende drey neue Eigenschaften erhalten: 1. eine offenbare scharfe säuerliche Salzigkeit, 2. einen weit zartern und subtilern Geschmack, und 3. eine größere Durchsichtigkeit und Flüssigkeit.

In Ansehung der Erscheinung, welche in einem gewissen Aufwallen der gährenden Flüssigkeit besteht, hält es Stahl für ganz gewiß, daß diese nicht allein meistentheils, sondern auch einzig und allein in solchen gährenden Dingen bemerkt werde, welche sehr viel von einem salzig sauren Bestandwesen in sich haben, und dieß unter dem Akt der Gährung selbst zu erkennen geben. Ferner sey es nicht weniger gewiß, daß dieß Aufwallen nur bey solchen gährenden Zusammensetzungen wahrgenommen würde, in welchen nebst dem Salze auch eine häufige schleimig-erdige feine Materie vorhanden sey. Endlich sey auch dieß gewiß, daß das häufigste Aufschäumen besonders alsdann statt finde, wenn schon sehr viele zusammengehäufte erdigte Theilchen in dem Liquor schwämmen, da alsdann dieselben durch die in ihnen entstandenen Bläschen unzählige mal in die Höhe getrieben würden. Zuletzt sey es auch gewiß, daß die Weine, welche vermittelst einer sehr schäumenden Gährung bereitet würden, und deren Schaum frey in der Luft haben zerplatzen oder aufgelöset werden können, nicht recht schmackhaft, son-

dern entweder stumpfer oder herber, und folglich dem Verderben sehr nahe wären. Eine solche Aufschäumung zeige sich aber nicht an solchen Zusammensetzungen, welchen es an hinlänglichen mit einander verbundenen salzigen und erdigten Theilen, oder an genugsamer Fettigkeit fehle. Aus allen diesen Umständen schließt Stahl, daß die Aufwallungen oder Aufschäumungen lediglich von dem öfters wiederholten Anstoßen der sauren Theilchen an die erdigten, und mithin nach Art einer neuen Auflösung geschehe; daß nämlich die sauren Theilchen, welche allererst von ihrer erdigt-fettigen Verbindung getrennt sind, andere dergleichen erdigte aufs neue ergriffen, und vermittelst einer auflösenden wirbelartigen Bewegung herumtrieben. Daher die Figur der Bläschen rund und hohl wäre, und die Bewegung in einem größern Theilchen stärker werde, d. h. es geschehe eine Absonderung eines größern stärker bewegten Theilchens aus den kleinen Theilchen, welche unter diesem größern Theile entweder nicht so stark, oder auch nicht so gleichmäßig bewegt worden. Indessen trennten sich die sauren Theilchen von den erdigten Theilen, welche sich an größere Theilchen hiengen, bis endlich auch diese erdigten Theilchen durch den Beytritt und die Dazwischenkunst der fettigen Theilchen ihrer Figur dergestalt beraubt würden, daß sie die sauren Theilchen nicht mehr so gerade zu, und so schnell, ja auch nicht mehr nach ihrer Fläche und Breite berühren könnten. Ueberdem könnten auch diese sauren Theilchen selbst durch die Dazwischenkunst des neu erzeugten Geistes gleichsam so betäubt werden, daß sie eine solche auflösende Wirkung und einen Umtrieb nicht mehr zu bewerkstelligen fähig wären. Beydes werde durch die Erfahrung und genaue Beobachtung bestätigt, indem 1. diese Aufwallung, und der ganze

Fort-

Fortgang der Gährung sehr schnell beendigt werde, wenn ein bloß magerer erdigter Stoff, z. B. Kreide, dem Weine häufig zugesetzt werde, als wodurch die sauren Theilchen alsobald gesättigt, diese aber wegen gänzlichem Mangel an ölicht fetten Theilen durch dergleichen heftige Theilchen von dem Salze nicht weiter abgerissen werden könnten. Hiernächst werde aber auch 2. der annoch gährende Wein, ehe er durch die weingeistige Vereinigung der sehr zarten fetten Theile betäubt werde, weit saurer und offenbar salzigt, da er im Gegentheil mehr milde und mehr berauschend gefunden werde, wenn diese Vereinigung vorher geschehe, welches ebenfalls 3. erfolge, wenn man reinen Weingeist in ziemlicher Menge zu dem Weine gieße, wodurch er um so viel eher betäubt, mithin die auflösende Kraft oder die etwanige Fähigkeit, sich mit den erdigten Theilchen zu vereinigen, geschwächt werde. Jedoch wolle er nicht gänzlich läugnen, daß nicht auch der schweflichte Theil mit Hülfe der beytretenden Luft selbst unter der Bewegung des schäumigen Aufwallens etwas beytragen könne, um die schäumige Bewegung auf der Oberfläche des Liquors einiger Maaßen zu befördern. Uebrigens könne er aber nicht einsehen, daß dieses schweflichte Wesen selbst die aufwallende Bewegung entweder allein oder vermittelst einer natürlichen Bestrebung verursachen sollte, da dieses Wesen auch in den Kohlen keine aufbähende Bewegung äußere, wenn es gleich mit starkem Feuer behandelt werde, es sey denn, daß die freye Luft dazu komme.

Vielmehr verhalte sich der schweflichte Theil, so lange er in der Vereinigung mit seinen Nebentheilen beharre, und keine überflüssige Wässerigkeit dazwischen

schen komme, ganz und gar leidend. Auch wenn der in Gährung zu bringenden Mischung ein flüssiges dem Schwefel gleichartiges Oel zugesetzt werde, so erfolge daher nicht allein keine gährhafte Bewegung, sondern es werde dieselbe vielmehr eben dadurch vor aller gährenden Veränderung bewahrt, und zwar um desto mehr, je reiner das Oel, und je freyer es von aller fremden Wässerigkeit war. Wenn also die geringste Wirksamkeit bey dem Akt der Gährung von dem schweflichten Theile hergeleitet werden könnte, so müßte selbige um desto mehr wahrzunehmen seyn, wenn ihm ein gleichartiges und dessen Bewegung beförderndes Wesen zugesetzt würde. Auch werde es auf gar keine Weise wahrscheinlich, daß das Wasser auf die übrigen Theile der gährenden Mischung bloß vermittelst der Erweichung wirke, und daß der ölichte oder schweflichte Theil nur alsdann, wenn solche bereits erweicht, sein natürliches Bestreben in einer wirklichen Bewegung äußere. Denn wenn gleich in einer solchen Zusammensetzung, welche vor allen andern gern in Gährung übergehe, Wasser bis zu deren völliger Erweichung zugethan werde, dabey aber ein hinreichender Grad ihrer innern Bewegung fehle, so thue das Oel oder der Schwefel auf diese Art so viel als nichts. Und wenn man Zucker in eine solche Quantität Wasser, als zur Gährung erfordert werde, auflöse, und Winterszeit an einen solchen Ort setze, wo die Auflösung zwar nicht zu Eis gefrieren könne, dennoch aber ziemlich kalt stehe, so werde dieser schweflichte Theil nicht allein nicht die geringste Bewegung verursachen, sondern an seinen übrigen Theilen ganz träge und unbeweglich fest hangen.

Wenn aber das wässerige flüssige Wesen dem in Gährung gehenden Zusammengesetzten zugesetzt werde, und der Trieb, nämlich eine mäßige Verstärkung der umgebenden Wärme, in hinreichendem Maaße hinzukomme, damit die innere Bewegung der Flüssigkeit des Wassers dergestalt vermehrt werde, daß zwar eine oftmalige Aneinanderstoßung der dazwischen liegenden Körperchen, nicht aber eine schleunige Trennung geschehen könne, so würden wohl die salzigen Theilchen unmittelbar, durch diese aber die schweflichten und erdigten Theilchen bewegt. Inzwischen sey diese Bewegung keinesweges so groß und heftig, als sie wohl seyn würde, wenn der schweflichte Theil vom salzigen und erdigten frey wäre, sondern sie sey weit, ja unendlich weit gelinder und langsamer, indem dieser schweflichte Theil ebenfalls nicht anders, als zugleich mit den erdigten und salzigen oder wenigstens mit den erdigten Theilchen gemeinschaftlich bewegt werde. Von den salzigen Theilchen aber werde nach und nach der größte Theil des schweflichten Bestandwesens losgerissen. Denn da das Wasser die in Gährung gehende Materie auf der salzigen Seite angreife, und es daselbst zur Thätigkeit antreibe, auch mit dem ölichten Theile, welches dem Salztheile anhange, zu keiner innigen Vereinigung, oder auch nur zur etwanigen Anhängung kommen könne; so reiße es endlich sowol mit Hülfe dieser Bewegung, als auch mittelst des unordentlichen Aneinanderstoßens vieler sich begegnenden Körperchen das salzige Theilchen von dem schweflichten los, daß selbiges vom Salze geschieden, und nur noch mit einem erdigten verbunden in den Liquor herumschwimme, und dessen zarte Durchsichtigkeit trübe mache.

Wenn auf solche Art anfänglich nur wenige dergleichen schweflichte Theile abgesondert sind, so würden sie nur eine geringe Beweglichkeit zeigen, so daß sie bis zur Oberfläche des wässerig-flüssigen Wesens aufgetrieben würden, und daselbst ein fettes glänzendes Häutchen darstellten. Dieser Vorgang sey aber von keiner langen Dauer, indem sich mit diesem Häutchen sehr bald mehrere gleichartige Theilchen verbänden, welche endlich von der Menge der erdigten verwickelt würden, so daß sie alle ihre Beweglichkeit verlören, und mit den erdigten zu Boden sänken. Es erleide also dieser schweflichte Theil zuvörderst die Scheidung von derjenigen Verbindung, in welcher er bisher mit dem Salze gestanden; er erlange aber keinesweges seine eigenthümliche Beweglichkeit oder Freyheit, so daß er in ölicht fetter obenschwimmender, geschweige denn in flüchtiger Gestalt aus der Verbindung mit den erdigten Theilen, oder auch nur aus der Einschließung des Wassers empor kommen sollte.

Es gebe sich also dieses schweflichte Bestandwesen in dem ganzen Akt der Gährung niemals so frey und rein zu erkennen, daß es sich entweder von selbst oder auch mit Hülfe der Kunst ganz unvermengt aus dieser Verbindung sollte entwickeln können, es wäre denn, daß es in sehr geringer Quantität in Ansehung der übrigen Bestandtheile, welche beständig neue Verbindungen und Zersetzungen eingehen, geschehe.

Wenn aber endlich die freye Luft dazu komme, so werde ein nicht geringer Theil dieses ölichten oder schweflichten Bestandwesens mit in die Luft gerissen, da alsdann der ganze weinigte gegohrne Satz nicht allein weit schlaffer und träger zurückbleibe, sondern auch selbst die Hefen weit schleimigter, zäher und leimige

migter würden. Oder wenn die Hefen einige schweflichte und von der Luft in Bewegung gebrachte Theilchen mit sich zu Boden gezogen haben, so entstehe daselbst eine neue Fortsetzung einer, und zwar faulen, Gährung, welche endlich die Trennung des ölichten Theils von dem erdigten verursache, wodurch alsdann hauptsächlich dieser schweflichte Theil eine größere Beweglichkeit erlange, keinesweges aber eine von selbst entstehende eigenthümliche innere Activität. Denn wenn das flüssige wässerige Wesen nebst dem Triebe der Luft nicht mit zugegen wäre, so bliebe der schweflichte Theil träg ohne alle Bewegung.

Aus allen bisher angeführtem sucht nun Stahl den gesammten Gährungsproceß auf folgende Art zu erklären: Wenn nämlich eine Zusammenhäufung von solchen Körperchen, die in Gährung gebracht werden können, in ein wässerig flüssiges Wesen kommen, so wirken alsdann die flüssigen Theilchen auf die salzigen Körperchen; und da ein jedes in die Gährung gebrachte Körperchen aus einem salzigen, erdigten, und schweflichten Theilchen bestehe, so trennten sich das erdigte und schweflichte Theilchen und überwiegten die allererst von den angehängten wässerigen Theilchen entstandene Bewegung; dadurch werde aber besonders wegen der immerfort wirkenden wässerigten Theilchen die Herunterstoßung des erdigten und schweflichten Theilchens, als welche in Ansehung der Bewegung des wässerigen und an das salzige hangenden Theilchens ganz außerhalb des Mittelpunktes nämlich an dem äußersten Ende lägen, sehr leicht von statten gehen. Dieß geschehe um so viel leichter, da das erdigte Theilchen große wässerichte Körperchen in vielen Punkten berühre; dagegen der schweflichte Theil auch nur von einem einzigen

 zigen

zigen wässerigen Körper, ja vielleicht von den allerʼ äußerst bewegten feinen Lufttheilchen getrieben werde, und folglich eine um so viel heftigere Bewegung erʼ leide, je weniger ihm, als dem kleinern, die größten wässerigen Theilchen im Wege stünden, so daß es nicht zwischen selbigen noch hin und wieder getrieben werʼ den könnte. Wenn aber das schweflichte und erdigte Theilchen von dem salzigen getrennt worden, so würʼ den sie in dem flüssigen Wesen auf und nieder bewegt, ohne daß sie sich mit ihm wieder vereinigen könnten, sondern sie würden nur in schwimmender Bewegung hin und her geworfen; das erdigte nämlich wegen seiʼ ner Kleinheit, und das schweflichte sowol wegen der Feinheit als auch wegen seiner überaus bequemen Fiʼ gur zum Umlaufe. Nach und nach würden aber die abgestoßenen erdigten und schweflichten Theilchen durch ihr unzähliges Hin und Herbewegen besonders auf der erdigten Seite häufig eingewickelt; dadurch entstünden größere Zusammenhäufungen, welche, indem sie nach verschiedenen Richtungen gestoßen würden, nicht mehr gerade zu sich bewegen könnten, daher sie entweder längst den Wänden des Gefäßes hinfallen und sich allʼ mählig zu Boden senkten; oder sie würden vielʼ mehr selbst von der subtilen Luft, welche auf sie drucke, hinuntergestoßen. In dem ganzen Vorgange aber zeiʼ ge sich kein Bestreben, oder sonst eine wirkende Kraft des Schwefels. Er werde nicht von sich selbst bewegt, besitze auch bey diesem Akt keine innere oder eigenthümʼ liche Bewegung, sondern eine bloße mitgetheilte, die ihm die wässerichten Theilchen eindruckten.

Nach Stahl unterscheidet sich die Gährung von folgenden innern Bewegungen:

1. Von der einfachen Flüssigkeit. Denn die Bewegung derselben sey nur ein Mittel, wodurch die Auflösung der Mischung verrichtet werde.

2. Von der Erhitzung, weil diese nicht allein in einem weit stärkern Grade der innern Bewegung, sondern auch mit einer dabey länger dauernden Bewegung vollbracht werde, wodurch eben nicht nothwendig der ganze Ort, sondern nur die Lage der Theilchen geändert werde; da hingegen bey der Gährung der ganze Ort nothwendig verändert werden müsse, damit auch die Scheidung der abgesonderten Körperchen erfolgen könne. Inzwischen diene eine gemäßigte Wärme zur Beförderung der Gährung, theils als ein Mittel, die Bewegung selbst zu vermehren, theils entstehe sie aus der gährenden Bewegung selbst, nämlich in gewissen Mischungen, welche besonders zu warmen Bewegungen aufgelegt wären.

3. Vom Sieden, weil hiebey die übermäßige Bewegung des Flüssigen keine Trennung der Theile bewirke, sondern diese nur hin und her bewege.

4. Von der Erweichung, als welche fast nur eine bloße Ausdehnung sey, nicht aber aus einer merklichen Bewegung und Scheidung der Theile bestehe, welche letztere nothwendig bey der Gährung statt finde.

5. Von der einfachen Auflösung, als welche nur die allerkleinsten Theilchen der Zusammenhäufung aus einander setze; in Gegentheil verrichte die Gährung nicht allein dergleichen Auseinandersetzung der Theilchen, sondern auch die gänzliche Trennung solcher aus einander gesetzten Körperchen von ihrer ganzen Mischung.

6. Von der Ausziehung, welche zwar zum Theil das beweglichere von dem weniger beweglichen absondere,

dere, dagegen das übrige nicht sonderlich verändere; die Gährung aber treibe unter einander, trenne, setze zusammen und versetze alle Theile der Mischung sowol vermittelst einer proportionirten Auflösung und Zertrennung, als vermittelst einer andern neuen Verbindung.

7. Von der Aufwallung (effervescentia), weil diese nur etwas Zufälliges bey der innern oder allzu sehr verstärkten Bewegung sey; dagegen könne die Gährung nicht allein ohne Aufwallung erfolgen, sondern sie pflege auch ohne ihr zu geschehen, welches sowol die Fäulniß, als die Essiggährung zur Genüge bewiesen.

8. Von der Niederschlagung, weil in derselben von einem äußerlich zugesetzten fremdartigen Wesen augenblicklich eine neue Zusammenwachsung, und hierauf eine Absonderung entstehe; da im Gegentheil in der Gährung alle Absonderung von der gemeinschaftlichen Versetzung derjenigen Theile, welche in der gährenden Mischung schon vorhanden, entspränge; auch überdem dasjenige nur nach und nach von statten gehe, was bey der Niederschlagung gleichsam in demselben Augenblicke, da der fremdartige Stoff zugesetzt werde, geschehe.

9. Die Verbrennung komme mit der Fermentation am meisten überein, doch sey dieselbe auch hievon in Ansehung der Kraft und schnellen Wirksamkeit, welche in der feurigen Bewegung äußerst heftig sey, verschieden; da sie sich im Gegentheil in der gährenden Bewegung viel langsamer und träger zeige.

10. Dagegen sey sie von der Digestion nicht besonders unterschieden, außer daß selbige nicht wohl als ein besonderer für sich selbst bestehender Akt anzusehen sey, sondern fast allein als ein Beytritt anderer Operatio-

rationen, nämlich als eine Fortsetzung einer etwas stärkern, innern, warmen Bewegung, welche theils zur Auflösung, theils zur Verbindung gewisser Dinge diene. Deßwegen finde in mancherley Gattungen der Gährung, die nicht einmal eine merkliche empfindliche Wärme vertragen könnten, die eigentlich sogenannte Digestion nicht statt. Wenn man aber die Gährung und die Digestion in einer etwas weitläuftigen Bedeutung nehme, so kämen sie überein in der steten Dauer der innern flüssigen Bewegung, um entweder etwas Fremdartiges mit einander zu vereinigen, oder auch von einander zu trennen.

Hiernächst giebt nun Stahl folgende Gattungen der Fermentation an:

1. Die in der allgemeinsten Bedeutung genommene Fermentation, die in flüssiger Gestalt Brantwein, Wein und Bier zum Vorschein bringt, und dann die Fermentation des Brodtteiges.

2. Die Essigwerdung sowol in weinigten, geisthaften, gegohrnen, als auch in andern zur geisthaften Fermentation zwar nicht bequemen, nachdem aber der geistige Theil dazu gesetzt worden, gar schnell ersaurenden Dingen.

3. Die Fäulniß, sowol die stinkende sehr zarte und subtile, als auch die gröbere schimmelhafte, lockere und schwammige.

Die Ordnung, in welcher diese Gattungen der Fermentation auf einander folgen, ist folgende: 1. die weinigte, 2. die essighafte, und endlich 3. die faulende Gährung oder die Fäulniß.

Es erstrecke sich aber die Fäulniß noch weiter, und mehr ins allgemeine, weil sie nicht allein alle diejeni-

jenigen Mischungen unter sich begreife, welche sowol der weinigten als essighaften Gährung unterworfen wären, sondern auch alle andere Körper, welche zwar aus wenigerm Salze bestünden, als daß sie in die weinigte oder essighafte Gährung kommen könnten, sonst aber ein zartes Oel und eine sehr feine schleimige Erde in Ueberfluß besäßen, auch daher ihrer Art nach ebenfalls eine wahre Substanz ausmachten, auf welche eine allgemeine gährhafte Bewegung wirken könne.

Es finde sich auch gar keine Schwierigkeit, warum die Gährung in der Ordnung nicht der Fäulniß vorangehen sollte; denn die eigentlich sogenannte Fermentation sey dermaßen ein Anfang der Fäulniß, daß, wo sie nicht künstlich gehemmt und gehindert werde, sie unmittelbar bis zur Fäulniß fortgehe. Das Nachlassen, welches bey den geisthaften Gährungen gewöhnlich für eine Art einer beschränkten und bestimmten Handlung angesehen werde, sey in der That bloß etwas Zufälliges, auch keine wahrhaftes Nachlassen, sondern nur eine geringe Verminderung der innern Bewegung. Denn da selbige für sich beständig fortfahren würde, wenn sie nicht mittelst der Kunst gehemmt, und in ihrer Mäßigkeit erhalten würde, so geschehe alsobald der Uebergang zur Säurung und so fort bis zur Fäulniß. Ja wenn man auch bey dem Essigmachen keine künstliche Mäßigung zu Hülfe nehme, sondern das Ersauren für sich selbst fortgehen lasse, so gehe die Materie selbst, ehe sie noch ein mal sauer geworden, sogleich zur Fäulniß über.

Wenn man nun alles dieß gehörig überlege, so sey die Fäulniß nichts anders als eine vollständige und ganz zu Ende gebrachte Fermentation; die eigentliche so genannte Fermentation aber, und die Essigwer-

dung

dung oder Ersaurung sey nichts anders, als eine unterbrochene und gehinderte, und mehr durch die Kunst, als von selbst, oder nach der Natur der Sache gleichsam zu einer gewissen Gattung gebrachte Fäulniß. Also wären die Arten, wodurch die Fäulniß unterbrochen werde, bloß etwas von außen dazu Kommendes, Zufälliges und Fremdes, nämlich eine Verhinderung im Fortfahren der faulenden Bewegung. Denn wenn solche nicht durch Kunst und äußere Bearbeitung gehemmt würde, so würde sie bis zu ihrem völligen Ende fortschreiten.

Um den Akt der Gährung zu beschleunigen, keinesweges aber selbigen zu verursachen oder hervorzubringen, werde gewöhnlich ein Gährungsmittel, ein Ferment, der Materie zugesetzt. Dieß Ferment besitze nämlich die zärtern zuerst beweglichen und jetzt schon zur wirklichen Bewegung gebrachten Theilchen der ganzen gährenden Zusammensetzung, welche von den gröbern, zähern und trägern abgesondert, und zur schnellen Bewegung gebracht würden. Die Theile aber, welche das Ferment eigentlich und zunächst ausmachten, wären sehr zarte, salzige Theilchen. Diese Theilchen verbänden sich nun, nach seiner physisch-mechanischen Erklärung, indem sie in die Poren der Mischung eindrängen, mit gleichartigen Theilchen, bewirkten dadurch eine Trennung derselben von den übrigen Theilen, um die gährende Bewegung geschwinder, als ohne diesen Zusatz möglich wäre, zu vollbringen.

So außerordentliche Mühe sich auch Stahl gab, den Gährungsproceß zu erklären, so sieht doch ein Jeder aus dem bisher angeführten, daß er nicht glücklich war. In seiner ganzen Ausführung liegt bloß dieß wahre, daß bey allen Arten der Gährung

eine

eine wirkliche Scheidung in den bisherigen Verbindungen der gährenden Substanz vorgehe, und daß diese in ganz andern Verhältnissen wieder zusammentreten, und dadurch ein ganz neues von dem vorigen verschiedenes Produkt zu Stande gebracht werde. Allein Stahl hatte noch gar keinen richtigen Begriff von der chemischen Trennung; denn er glaubte den ganzen Gährungsprozeß, wie es damals überhaupt Mode war, mechanisch erklären zu können; daher nahm er verschiedene Gestalten der Theilchen an, welche, noch ehe sie in Gährung kommen, mit ihren Flächen fest an einander hängen, bey der gährenden Bewegung aber gleichsam über und unter einander hin und herpurzeln, und so andere Lagen erhalten, endlich aber sich von einander trennen. Er dachte aber nicht daran, daß auf solche Art die Qualität der gährenden Materie gar nicht geändert werden könne, wie dieß doch offenbar bey allen Gährungsarten statt findet. Ueberdieß war er noch sehr weit von der wahren Kenntniß der bey den Gährungsarten sich entwickelnden Luftgattungen zurück, so daß er davon gar nicht richtig urtheilen konnte. Das einzige also, was wir ihm bey dieser ungemein wichtigen Naturoperation zu verdanken haben, ist dieß, daß er die Gährung als eine solche Operation betrachtet, bey welcher Zersetzungen der Theile und wieder neue Verbindungen derselben vorgehen, und daß er die Fäulniß nicht als eine eigene unter der Gährung nicht begriffene Wirkung der Natur betrachtete, sondern sie ganz richtig als die letzte Operation der in Gährung kommenden Körper darstellte.

Nicht weniger tadelhaft ist eine andere Hypothese von Johann Bernoulli [q]), aus welcher er den Gäh-

q) Diss. de effervescentia et fermentatione. 1690. in Opp. T. I. n. I.

Gährungsprozeß zu erklären gedachte. Sie beruht ganz auf Cartesianischen Grundsätzen, und würde nicht werth seyn angeführt zu werden, wenn es nicht der Zweck der Geschichte erforderte, den Zustand der Physik in jeder Zeitperiode darzustellen, welcher aber gerade aus einer solchen Hypothese, die besonders aus der Feder eines der angesehensten und berühmtesten Männer floß, am deutlichsten erkannt werden kann.

Bernoulli macht zwischen der Aufwallung (effervescentia) und der Gährung (fermentatio) weiter keinen großen Unterschied, und versteht in der allgemeinsten Bedeutung unter beyden eine innere und unordentliche Bewegung der Theile eines vermischten Körpers, welche oft mit Wärme begleitet, oft aber auch ohne selbiger ist. Wenn nun diese Bewegung mit heftiger Aufwallung und Geräusch vollendet wird, schnell anfängt und geschwind aufhört, so nennt er diesen Akt die Effervescenz; wenn sie hingegen sehr langsam sich anhebt, nach und nach sich endigt, und dabey kein merkliches Aufbrausen statt findet, obgleich das Aufsteigen der Blasen länger anhält, so belegt er diesen Akt mit dem Nahmen der Fermentation. Hieraus erhelle nun, sagt er, worin die Effervescenz und die Fermentation sich unterschieden, wenn man ja einen Unterschied zwischen beyden setzen wolle; indessen, meint er, wären sie bloß dem Grade nach verschieden; denn die Effervescenz sey in der That nichts anders, als eine heftigere Fermentation; und die Fermentation nichts weiter, als eine schwächere und gemildertere Effervescenz. Nach seiner Meynung erfolgt eine Effervescenz, wenn zwey Körper zusammenkommen, welche sehr feine und unter einander leicht mischbare Theile besitzen, weil alsdann die Wirkung und Gegenwirkung

beyder kein Hinderniß verursachen, daß nicht die daher entstandene Bewegung geschwinder erfolge und geschwind vorüber gehe; wenn aber die beyden Körper grobe und nicht leicht in einander eindringende Theilchen besäßen, so entstehe bloß eine Fermentation; denn in diesem Falle könnten sie ihre Wirkungen gegen einander nicht mit dem ersten Anstoß und zugleich ausüben, sondern sie würden sich nur nach und nach mit einander vermischen, und daher entstehe eine langsame und schwache Bewegung. Hieraus lasse sich nun leicht einsehen, daß zwischen der Effervescenz und der Fermentation nur ein geringer oder vielmehr gar kein Unterschied statt finde. Er erinnert dabey zugleich, daß alles, was er von der Effervescenz sagen werde, auch gewissermaaßen von der Fermentation gelte. Es geschehe aber die Effervescenz aus der Vermischung zweyer flüssiger Körper, oder eines flüssigen und eines festen, oder auch zweyer fester Körper. Die beyden erstern Fälle fänden am gewöhnlichsten statt, und verursachten schon durchs bloße Zusammenkommen ein Aufbrausen, ohne ein äußeres Agens dabey nöthig zu haben. Was aber den dritten Fall betreffe, so sey dieser bisher von einigen für ganz unmöglich gehalten worden, indem sie nicht begreifen könnten, wie zwey feste Körper sich so mit einander zu vermischen im Stande wären, daß daher eine innere Bewegung erfolge; es sey zwar wahr, daß aus der bloßen Vermischung zweyer fester Körper nie eine Effervescenz entstehen könne, wie bey den beyden erstern Fällen, allein sie erfolge doch wirklich durch eine äußere auf sie wirkende Kraft.

Die Erscheinungen, welche beym Aufbrausen der erstern Art, da nämlich zwey flüssige Körper mit einander vermischt werden, wahrzunehmen sind, giebt

Ver-

Bernoulli folgender Maaßen an: es entstehe sogleich eine unzählbare Menge von Blasen, welche aus der vermischten Flüssigkeit aufstiegen, und sich auf der Oberfläche ansammleten, mit einem so starken Geräusche, als ob die Vermischung über dem stärksten Feuer koche; zugleich entwickele sich nicht selten eine freye Wärme mit Dampf und Rauch, der sich verflüchtige; bisweilen aber verspüre man kaum eine, oder auch wohl gar keine Wärme. Nachdem nun das Aufbrausen nachgelassen habe, welches sehr schnell geschehe, so sehe man bisweilen auf dem Boden einen Satz, der einer erdigten Materie gleiche, und von den Chemikern das Präcipitat genannt zu werden pflege; bisweilen aber nehme man nicht das geringste von dergleichen wahr, so daß der vermischte Liquor rein und hell, wie vorher, aussehe, und an ihm auch nicht die geringste Spur einer vorhergegangenen Aufwallung zu bemerken sey. Die Effervescenz der andern Art, da nämlich ein flüssiger Körper mit einem festen Körper in Berührung gebracht wird, fängt mit einer Aufschäumung, Geräusch, und nicht selten mit Hitze und Dampf an; der feste Körper werde sogleich aufgelöset, ein Theil steige gewaltsam in die Höhe, ein anderer aber senke sich zu Boden; der Liquor, der erst durchsichtig gewesen, werde trübe. Dieser Vorgang daure etwas länger, als bey der Effervescenz der ersten Art, bis endlich alles wieder zur Ruhe komme; alsdann sehe man den festen Körper in Staub aufgelöset und auf dem Boden des Gefäßes zerstreuet, und der Liquor erhalte seine vorige Durchsichtigkeit wieder.

Um nun alle Erscheinungen, welche bey der Effervescenz, mithin auch bey der Gährung wahrgenommen werden, zu erklären, nimmt er folgende Voraus-

 setzun-

setzungen an: 1. daß die Luft ein flüssiger und elastischer Körper sey; 2. daß die zusammengepreßte Luft, sobald ihr ein Ausweg verstattet wird, sich wieder in ihren vorigen größern Raum ausdehne, 3. daß die Luft, welche in einem gewissen Liquor enthalten sey, und durch kein Hinderniß gehalten werde, unter der Gestalt der Bläschen bis zur Oberfläche des Liquors aufsteige, 4. daß in jedem Körper, und selbst in jedem Theilchen desselben, etwas zusammengepreßte Luft enthalten sey, 5. daß die Bewegung der Theilchen eine empfindbare Wärme erregen. Außer diesen allgemeinen Hypothesen setzt er nun noch folgende besondere voraus, 6. daß zwey Körper, welche mit einander vermischt eine Aufwallung zu Stande bringen sollen, aus gewissen Theilchen, welche der Figur nach unter sich einen Unterschied besitzen, zusammengesetzt sind; mithin 7. daß die Theilchen des einen Körpers reguläre dreyeckigte (tetraedra) Körperchen bilden; diesen Körper nennt er wirkend (agens); 8. daß die Theilchen des andern Körpers aus regulären dreyeckigten Körpern, deren Grundflächen sich gegen einander kehren, zusammengesetzt sind; diesen Körper nennt er leidend (patiens).

Hiernach glaubt nun Bernoulli, daß es nicht mehr schwer sey, die wahre, oder doch wenigstens die wahrscheinliche Ursache der Effervescenz anzugeben. Wenn nämlich zwey zu diesem Akt bequeme Körper mit einander in Berührung kämen und deren Theilchen sich mit einander vermischten, so geschehe es, daß alle Theile des wirkenden Körpers auf alle Theile des leidenden stießen, und da die Theilchen dieses Körpers mit hervorragenden winklichten Ecken versehen wären, in welche die Theilchen des wirkenden Körpers gleichsam wie Keile hineindrängen, und die erstern, welche diese

Kraft

Kraft nicht aushalten könnten, von einander trennten. Auf solche Art erhielte die in diesen Theilchen zusammengepreßte Luft ihre Freyheit, dehnte sich mit Heftigkeit in einen größern Raum aus, und stiege bis zur Oberfläche des Liquors in Gestalt kleiner Bläschen auf, wo sie sich wie ein Schaum ansammleten. Indem sich nun die eingeschlossen gewesene Luft augenblicklich heftig ausdehne, und bey ihrem Herausgehen aus dem Liquor die Theile desselben mit Gewalt stoße, so sey es kein Wunder, daß bisweilen Hitze entstehe.

Die allgemeinen Erscheinungen wären beynahe allen Efferveseenzen gemein, und er glaube daher, daß sie sich alle auf eben angeführte Art genugthuend erklären ließen. Inzwischen bemerke er noch, daß die Säure der Chemiker nichts weiter sey, als das, was er mit dem Nahmen des wirkenden Körpers belege, und das Alkali das, was er unter dem leidenden Körper verstehe. Hieraus erhelle zugleich, warum nach der Efferveseenz, wenn die Säure und das Alkali durch Hülfe des Feuers oder sonst auf eine andere Art von einander getrennt würden, jene Säure abermals mit einem andern Alkali, das noch kein Aufbrausen erlitten habe, effervesciren könne; dagegen das getrennte Alkali mit einer andern Säure weiter keine Spur von Efferveseenz gebe. Denn vermöge seiner Voraussetzungen sey es klar, daß die Theile der Säure d. i. des wirkenden Körpers durchs Aufbrausen keine Veränderung erlitten, und ihre Gestalt wie zuvor behalten hätten, die Theile des Alkali hingegen getrennt und von ihrer Luft befreyet wären, daher es denn auch kein Wunder sey, daß sie nachher weiter kein Aufbrausen mit einer andern Säure bewirken könnten. Indessen geschehe es doch auch, daß manchmal die

Säure eben so gut, wie das Alkali, nach der einmaligen Effervescenz nie zu einer zweyten geschickt wäre, welches aber daher komme, weil die Theilchen des Alkali zu hart, oder im Gegentheil die der Säure zu weich und zu schwach wären, so daß sie beym Anfalle gegen die Theile der Säure ihre winklichte Ecken verlöhren, oder doch wenigstens abgestumpft, und daher kraftlos würden. Bey andern Flüssigkeiten aber, die ohne Beymischung eines flüssigen Körpers in eine Gährung zu kommen schienen, wie z. B. beym Most u. d. gl. welche bloß Theile des Alkali d. i. des leidenden Körpers enthielten, müsse nothwendig eine Säure von außen hinzukommen, deren Theile auf jene stießen, und sie zertheilten, um ein Aufbrausen zu erregen; diese sauren Theilchen befänden sich nämlich in der atmosphärischen Luft, welche nach und nach in die Zwischenräume des Mostes eindrängen, sich mit den alkalischen Theilen desselben verbänden, selbige zertheilten und dadurch verursachten, daß die eingeschlossene Luft entweichen könnte. Daher geschehe es, daß wir glaubten, der Most brause ohne Zuthun eines fremden Körpers. Auch sey es daher klar, daß nach der erfolgten ersten Gährung weiter keine statt finden könne, weil die gegohrne Flüssigkeit keine sauren Theile mehr, sondern nur noch alkalische enthielte.

Hiernächst sucht nun Bernoulli es wahrscheinlich zu machen, daß seine Voraussetzungen auf richtigen Gründen beruhen. Doch, sagt er, müsse er besonders wegen der angenommenen Gestalten der sauren und alkalischen Theilchen gestehen, daß man sie durch keine einzige Erfahrung selbst mit der größten Vergrößerung erkennen könne; allein es wäre ihm schon genug, ihnen eine solche Gestalt beyzulegen, welche

che am meisten mit dem Akt der Efferveseenz übereinstimme, und weder der Erfahrung noch der Vernunft entgegen wäre. Inzwischen könne er auch Gründe beybringen, welche bewiesen, daß die Theile nicht anders, als er angenommen habe, geformt seyn könnten. Denn die sauren Theilchen müßten wegen des Geschmacks eine eckigte Form besitzen; denn wenn sie platt oder abgestumpft wären, so würden sie auf der Zunge kein Zusammenziehen verursachen; außerdem aber müßten sie von allen Seiten mit gleichwinklichten Ecken versehen seyn; denn ohne dieser Gestalt würden sie gar keine Efferveseenz bewirken können. Auf eine ähnliche Art sucht er zu beweisen, daß auch die alkalischen Theilchen eine solche Form, die er ihnen beygelegt habe, besitzen müßten.

Was aber die allgemeinen Voraussetzungen betreffe, so meint er, daß sie gar keines Beweises bedürften, indem sie schon für sich wahr und von jedermann als wahr erkannt würden, nur den einzigen Satz ausgenommen, daß in den Körpern und deren Theilen etwas eingeschlossene und zwar zusammengepreßte Luft enthalten sey. Die Wahrheit dieses Satzes sucht er durch die Erfahrungen, die bereits von mir in dem 4ten Kapitel angeführt worden sind, zu beweisen.

In Ansehung des dritten Falles, da nämlich zwey feste Körper in eine Vermischung kommen sollen, müßten diese zuerst, ehe sie mit einander vermischt werden könnten, in das feinste Pulver zerrieben werden; aber auch alsdann, wenn die Mischung mit gehöriger Sorgfalt geschehen wäre, hätte doch noch keine Efferveseenz statt; denn es werde außerdem erfordert, daß diese gemischten Theilchen eine gewisse Bewegung besäßen, durch welche die Theile der Säure d. i.

 des

des wirkenden Körpers auf die des Alkali d. i. des leidenden Körpers auch in der That wirken könnten; allein die Theile der festen Körper hätten unter sich keine innere Bewegung, wie die der flüssigen Körper; daher müsse jenen von außen her eine Bewegung mitgetheilt werden. Wenn übrigens hiebey alles mit gehöriger Genauigkeit ausgeführt werde, so zweifle er keineswegs, daß bey der Verbindung zweyer fester Körper eben so gut eine Aufwallung erfolgen könne, wie bey der Vermischung zweyer flüssiger, oder eines flüssigen und eines festen Körpers. Nur sey hier noch zu erinnern, daß dergleichen Effervescenzen bisher ganz ungewöhnlich wären; vielleicht deßwegen, weil uns die Art und Weise, wie die festen Körper dazu zubereitet werden müßten, unbekannt wäre, oder auch, wenn sie bekannt wäre, die Sache selbst selten nach Wunsche gelinge, indem die meisten zur Effervescenz aufgelegten Körper durchs Reiben zu Pulver ihre aufbrausende Kraft verlöhren; denn ob sie gleich viel saure und alkalische Theilchen enthielten, so könne es doch geschehen, daß durchs Stoßen und Reiben der festen Körper die Ecken der sauren Theilchen abgestumpft, und die alkalischen Theilchen schon zertheilt würden, so daß sie beyde zur Effervescenz völlig unbrauchbar wären. Daher sey es auch ein seltener Fall, daß zwey feste Körper zum Aufbrausen völlig geschickt gefunden würden. Ein solches seltenes Beyspiel führe Thomas Bartholinus [r]) an, wo nämlich fein zerpulverter Spiesglanzkönig mit fein gemachten sublimirten Mercurius gehörig gemischt ein Aufbrausen zu Stande bringen könnte, bey der Vermischung selbst nehme man nicht die geringste Wärme auch keine Spur eines beschwerlichen Dampfes wahr. Nachdem man aber

r) Acta medic. Part. II. obs. 70.

aber die Mischung in ein Glas mit einem engen Halse bringe, und sie mit einem hölzernen Stabe unaufhörlich drucke, so daß sie in einen kleinern Raum zusammengepreßt werde, so bleibe sie zwar eine geraume Zeit ruhig und kalt, nachher aber entwickele sich ein heftiger Rauch, das Glas werde warm, die Masse schwelle auf, schäume, brause, und erfülle das ganze Zimmer mit einem ungemein beschwerlichen Dampfe. Hieraus erhelle nun unläugbar, daß dieß Aufbrausen ganz allein durch den Druck bewirkt worden sey; dadurch hätten nämlich die Theilchen der Säure, welche der sublimirte Mercurius enthalte, und welche schon mit den Theilen des Alkali im Spiesglanzkönige in Berührung gewesen wären, einen Antrieb erhalten, sich mehr zwischen den winklichten Erhöhungen der leztern hineinzubegeben und dieselben endlich zu trennen, wodurch die eingeschlossene Luft einen Ausweg gefunden und die bekannten Wirkungen der Effervescenz hervorgebracht habe.

Um noch andere Erscheinungen, welche bey der Gährung beobachtet werden, zu erklären, bemerkt er, daß eine solche nie bey sehr kalter Luft erfolge. Den Grund hievon sucht er darin, daß bey sehr kalter Witterung die Luft viel dichter, als gewöhnlich, sey, mithin eine viel größere elastische Kraft erhalte; daher sey es möglich, daß diese größer oder wenigstens derjenigen gleich sey, welche die in den alkalischen Theilchen eingeschlossene Luft besitze, so daß, wenn auch diese Theilchen von einander getrennt würden, gleichwol die eingeschlossene Luft sich nicht ausdehnen könne, und so die ganze Gährung gehindert werde; daher pflegten die Bäcker den zur Gährung bestimmten Brodteig an einen warmen Ort zu bringen, damit auf solche Art die

äußere umgebende Luft in ihrer elastischen Kraft geschwächt werde, und die in dem Brodtteige eingeschlossene Luft sich leichter ausdehnen könne. Auch erhelle, warum sich die gegohrne Brodtmasse in dem Ofen erhebe; denn durch Hülfe des Ferments würden die alkalischen Theilchen getrennt; daher denn die in ihnen condensirte Luft sich ausbreite, und die ganze Masse aufschwelle. Die Luft selbst sey zwar ausgebreitet, wegen der Zähigkeit der Masse aber könne sie nicht herausgehen, und sich verflüchtigen; wenn daher diese Masse in den geheizten Ofen gebracht werde, so müsse sich diese Luft durch die Wärme noch mehr ausdehnen, und folglich das Brodt in die Höhe treiben. Wenn dagegen dem Teige kein Ferment zugesetzt werde, wodurch die Theilchen, welche die condensirte Luft eingeschlossen enthielten, getrennt werden könnten, so sey es kein Wunder, daß sich das Brodt im Ofen nicht erhebe. Denn die im Brodtteige eingeschlossene Luft sey von ihren Banden nicht frey, und könne daher weder durch die Wärme noch durch die eigene elastische Kraft sich thätig erweisen; mithin fehle es im Brodtteige an der ausdehnenden Kraft. Wenn ein gehörig aufgegangenes Brodt aufgeschnitten werde, so erscheine die ganze Substanz porös und locker mit einer unzähligen Menge Hölungen, worin die Luft sich befunden und durch ihre Ausbreitung dergleichen leere Räume gebildet habe; da im Gegentheil das nicht aufgegangene Brodt sehr compakt ohne sichtbare Zwischenräume gefunden werde, als eine sichere Anzeige, daß die Luft in den alkalischen Theilchen noch verborgen und von ihren Banden nicht befreyt sey, und daher auch ihre elastische Kraft nicht habe ausüben können. Aus dem angeführten erhelle also zur Genüge, daß, wenn die Gährung gehörig von statten gehen solle, die gährende

Mate-

Materie sich nicht in einem sehr kalten Orte, oder wenigstens nicht in einer dichtern Luft, als diejenige sey, welche die alkalischen Theilchen eingeschlossen enthielten, befinden müsse.

Auf eine gleiche Art nehme man wahr, daß keine Gährung im verschlossenen Raume statt finde; denn hiebey werde außer der Zertrennung der alkalischen Theile auch erfordert, daß sich die daraus frey gewordene Luft in einen größern Raum ausdehnen könne. Wenn daher zwey zur Effervescenz geschickte flüssige Materien in einem verschlossenen Gefäße mit einander vermischt wären, so daß das Gefäß ganz voll, und der innere Raum nirgend eine Gemeinschaft mit der äußern Luft besitze, so könne schlechterdings kein Ausbrausen entstehen. Wenn auch wirklich die Theilchen der Säure die Theilchen des Alkali von einander trennten, so vermöchte doch die nun frey gewordene Luft sich nicht auszudehnen, indem kein größerer Raum vorhanden sey, in den sie treten könne; daher entweiche diese Luft nicht von ihren Theilchen, und es erfolge keine Effervescenz. Hieraus, meint er, lasse sich der Grund herleiten, warum sich der Most in genau verschlossenen Gefäßen eine geraume Zeit süß erhalten lasse. Denn 1. werde auf solche Art die Gemeinschaft der äußern Luft mit der Flüssigkeit abgehalten, welche gleichwol die Hauptursache der Gährung derselben sey, und 2. fehle irgend ein Ort, wo sich etwa die in den zertrennten Theilchen befreyete Luft hinbegeben könnte. Da also auf solche Art keine Trennung der Luft von der Flüssigkeit statt finden könne, worin doch das Hauptgeschäft der Fermentation besteht, so müsse auch der Most in dem Zustande bleiben, in welchem er vor dem Einschließen gewesen wäre. Wenn aber die geringste Spalte oder Oef-

Oefnung im Gefäß entstehe, so werde auch sogleich die entwickelte Luft mit Heftigkeit ausströmen, und folglich der Most sich in Gährung befinden. Bisweilen zersprenge auch die frey gewordene Luft die Gefäße, wenn sie keinen hinreichenden Widerstand zu leisten vermöchten.

Aus diesem angeführten erhellet hinreichend, wie unrichtig Bernoulli von der Fermentation und von der Effervescenz dachte. Man erkennt daraus deutlich, daß die Chemie in den damaligen Zeiten noch ungemein zurück war. Selbst Bernoulli beklagte sich darüber, daß die Chemiker so viele geheimnißvolle Wörter in diese an sich so vortrefliche Kunst einführten, von welchen sie selbst keinen Begriff hätten, und eben hierin liege vorzüglich die Ursache, daß gründliche Beobachter der Natur die Chemie verabscheueten.

Eine andere Hypothese über die Gährung im allgemeinen, welche sich auf chemische Principien gründet, stellte Martino Poli[s]) auf. Er schrieb nämlich die Ursache der Gährung einer allgemeinen geistigen Säure zu, welche die Fähigkeit besitze, in alle Körper einzugehen, und vermöge ihrer natürlichen Beweglichkeit in ihnen zwischen ihren Grundstoffen eine Bewegung errege, woher ein neuer Grad der Vollkommenheit in der Mischung entstehe. Er behauptet zwey Arten der Gährungen: 1. die natürliche, welche in der Verbindung der allgemeinen geistigen Säure mit der erzeugenden Wirksamkeit des Körpers bestehe, 2. die

s) Il Trionfo degli Acidi vendicati dalle calunie du molti Moderni; opero filosofica et medica, fondata sopra de Principii chimici, et adornata di varii esperimenti; contro il sistema, e Prattica delli Moderni Democriti et Epicurei riformati; divisa in quattro libri. Di *Martino Poli.* In Roma 1706. 4.

die künstliche, welche ein bloßes Werk der Chemie sey, und welche sich bey der Auflösung und der Coagulation offenbare. Die Fäulniß betrachtet er als eine verdorbene Gährung, welche durch ein Princip hervorgebracht werde, das dem einer guten Gährung gerade entgegengesetzt sey; dieß Princip sey kein anders, als das Alkali, theils das fixe, theils das flüchtige. Daher sind nach Poli die Säure und das Alkali die beyden großen wirkenden Ursachen der Natur.

Siebentes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen in der Lehre von der Elektricität.

Versuche mit Körpern, welche die Elektricität beweisen, nebst einigen Bemerkungen über die Elektricität.

In diesem Zeitraume ward von ohngefähr eine Erscheinung wahrgenommen, welche elektrischen Ursprungs ist, anfänglich aber nicht dafür erkannt wurde. Es bemerkte nämlich Picard im Jahre 1675, als er zur Nachtzeit sein Barometer von einem Orte zum andern trug, daß durch die Bewegung des Quecksilbers in der Torricellischen Leere ein blitzendes Licht zu sehen war. Dü Hamel t), welcher diese Sache erzählt, führt noch an, daß auch Cassini ein leuchtendes Barometer besessen habe, welches aber nicht so stark, wie das Picardsche, geleuchtet habe. Dieses Licht schien viel Aehnlichkeit mit dem Lichte des Phosphors zu haben, und man belegte es mit dem Nahmen des

t) Historia Acad. reg. scient. p. m. 341.

des merkurialischen Phosphors. Da man aber in andern dergleichen Barometern ein solches Licht nicht bemerkte, so hielt man es für eine besondere Begebenheit, und dachte der Sache nicht weiter nach. Erst im Jahre 1700 unternahm es Johann Bernoulli u) wieder, diese Sache etwas genauer zu untersuchen. Er glaubte ein Mittel gefunden zu haben, leuchtende Barometer zu verfertigen. Diese seine vermeinte Entdeckung theilte er anfänglich der Akademie der Wissenschaften zu Paris mit; sie fand aber Widerspruch, weil die darnach verfertigten Barometer nicht leuchten wollten. Dadurch ward Bernoulli veranlaßt, seine Methode in ein Paar Briefen etwas ausführlicher zu beschreiben x), und zugleich einige Bemerkungen hinzuzufügen. Noch umständlicher aber hat er endlich diese Sache in einer 1719 gehaltenen Dissertation y) ausgeführt. Das vornehmste, was darin enthalten ist, ist dieses:

1. Das blitzende Licht erscheint bloß, wenn das Quecksilber in der Röhre herabfällt, nicht aber, wenn es in die Höhe steigt.

2. Das Licht ist allein an dem obern Theile des Quecksilbers wahrzunehmen, mit welchem es gleichsam verbunden beym Herabfallen des Quecksilbers zugleich herabgeht. Bisweilen aber ist es so lebhaft, daß es den ganzen leeren Raum, wie ein Blitz, erleuchtet.

3. Je stärker das Herabfallen des Quecksilbers ist, welches man durch die schnelle Bewegung der Röh-
re,

u) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1700. und *Bernoulli* opp. T. I. nro. 62.

x) Mém. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris 1701. und *Bern.* opp. T. I. nr. 63. 64.

y) Diss. de mercurio lucente in vacuo. in Opp. T. II. nro. 112.

re, die hin und her gezogen wird, bewerkstelligt, desto stärker ist auch das Licht, und es dauert desto länger, je länger das Herabfallen dauert.

4. Wenn entweder aus dem Quecksilber, oder neben demselben ein Luftbläschen in die Höhe steigt, indem das Quecksilber durchs Herabsinken Licht erregt, so wird davon bloß die obere Fläche erleuchtet, wo es das Quecksilber berührt.

5. Wenn besonders in engen Röhren ein Luftbläschen zwischen dem Quecksilber bleibt und die ganze Röhre nach der Breite einnimmt, so sieht man an der Oberfläche der Blase Licht, indem sie sich mit dem Quecksilber hinaufbewegt; hingegen an der untern Fläche, wenn sie mit dem Quecksilber herunterfällt.

6. Wenn ein einziger Tropfen Wasser auf die Oberfläche der Quecksilbersäule gebracht wird, so hört das Leuchten auch beym stärksten Herabfallen des Quecksilbers gänzlich auf. Derselbe Erfolg findet statt, wenn statt des Wassers irgend ein anderer Liquor angewendet wird.

7. In einigen Barometern leuchtet das Quecksilber anfänglich mit vieler Lebhaftigkeit, zu einer andern Zeit aber entweder nur schwach oder wohl gar nicht. Dieß hatte auch schon Picard an seinem Barometer beobachtet.

8. Oefters leuchtet auch einerley Quecksilber in einer Röhre, in einer andern aber nicht.

9. Besonders merkwürdig ist es, daß das Quecksilber in ungleichen Röhren besser leuchtet, als in gleich weiten.

Alle diese Erscheinungen sucht Bernoulli ziemlich Cartesianisch aus dem Aether, welcher durch

die Poren der Glasröhre in die Torricellische Leere eindringe, und aus einer andern viel feinern flüssigen Materie, welche mit dem ersten Elemente des Cartesius übereinkommt, und welche sich in den kleinsten Zwischenräumchen des Quecksilbers aufhält, zu erklären. Das Quecksilber, sagt er, bekomme mit der Berührung der Luft ein kleines Häutchen auf seiner Oberfläche; dieses hindere, daß die feine Materie von dem Quecksilber beym Hinaufsteigen sich nicht losmachen könne, beym Herabfallen aber aus selbigem in den leeren Raum fließe, und durch ihre schnelle Bewegung an den durch die Poren des Glases eingedrungenen Aether mit Heftigkeit stoße und dadurch das Licht hervorbringe. Auf ähnliche Art sucht er alle übrige Erscheinungen zu erklären.

Das Verfahren des Bernoulli, wodurch leuchtende Barometer unfehlbar zu Stande zu bringen wären, ist folgendes: Vor allen Dingen soll man das Quecksilber probiren, ob es von allen Unreinigkeiten und anklebenden metallischen Theilchen rein sey, indem zu der Absicht das reinste Quecksilber genommen werden müsse. Dieß könne man erkennen, wenn es helle und weiß wie ein Silber aussehe, sich in kleine Kügelchen zertheile, welche sehr schnell fortlaufen, wenn man sie nur ein wenig berühre, und Bläschen werfe, die bald wieder verschwinden, wenn man es im Glase stark bewege. Am besten aber glaubt er es rein zu erhalten, wenn es nach der Chemiker Weise abdestillirt werde. Wenn man aber genöthigt sey, gemeines Quecksilber aus der Apotheke dazu zu nehmen, so soll man es auf folgende Art reinigen: man gießt über das Quecksilber etwas reines Brunnenwasser, worin auch etwas Salz und Essig gebracht seyn kann, und nachdem man das gläserne Gefäß wohl verwahrt hat,

schüt-

schüttelt man das Quecksilber darin eine geraume Zeit. Hiernächst gießt man das Wasser ab, und druckt das Quecksilber etliche mal durch ein reines leinenes Tuch, so daß man das Tuch nicht mit den Fingern da berührt, wo sich das Quecksilber befindet; endlich aber wird es noch durch Leder gedruckt. Auf solche Art erhält man zur gegenwärtigen Absicht ein ganz reines Quecksilber. Auch kann man es noch zum Ueberflusse unter den Recipienten einer Luftpumpe bringen, um es von der Luft zu reinigen, die es etwa noch enthalten sollte.

Mit diesem so zubereiteten Quecksilber wird das Barometer gefüllt. Bernoulli giebt drey Methoden an. Die erste besteht darin, die Röhre durch Saugen zu füllen; hiebey muß aber die ganze Röhre durch einen einzigen Zug voll werden. Die zweyte Methode, welche nach Bernoulli's Meynung etwas beschwerlicher ist, wird vermittelst der Luftpumpe bewerkstelligt. Die dritte endlich und die beste beschreibt er so: die Röhre muß auf der einen Seite zugeschmolzen seyn, das offene Ende aber wird sehr schief gebogen, so daß es mit dem Horizonte kaum einen Winkel von 10 bis 12 Graden macht, damit das Quecksilber nicht stark hinunter fällt und Luft mit sich nimmt, oder von dieser verunreinigt wird. Nun hat man einen eisernen Drath, um dessen einem Ende etwas wenige Baumwolle gewunden worden, in Bereitschaft; wenn alsdann so viel Quecksilber in der Röhre sich befindet, daß es 3 Zoll davon einnimmt, so wird der Drath mit dem einen Ende der Baumwolle in die Röhre hineingestoßen, und in dem Quecksilber hin und wieder gezogen; haben sich nun einige Luftblasen darin verhalten, so gehen sie dadurch

heraus, und das Quecksilber wird so rein als es nur immer möglich ist. Hierauf wird abermals so viel Quecksilber hineingegossen, und eben so wie vorher gereinigt. So fährt man fort, bis die Röhre ganz voll ist. Bernoulli versichert, daß er auf diese Art Barometer zu Stande gebracht habe, welche durch die geringste Bewegung stark geleuchtet, und während 12 Jahren sich nicht im geringsten geändert hätten.

Nachdem Bernoulli seine Erfindung in den Mémoires der Pariser Akademie bekannt gemacht hatte, so wurden noch mehrere veranlaßt, den so genannten merkurialischen Phosphor auch in andern gläsernen Gefäßen zu bereiten. Ueberhaupt sind fast alle in diesen Zeitraum fallende elektrische Beobachtungen durch diese merkwürdige Begebenheit veranlaßt worden. Auch haben die meisten das dadurch erzeugte Licht wirklich nicht als ein elektrisches Phänomen, sondern für den merkurialischen Phosphor gehalten. So bereitete Musschenbroek, wie er im Jahre 1706 an Bernoulli berichtete, dergleichen Phosphoren in gläsernen Fläschchen, aus welchen er die Luft vermittelst der Luftpumpe zog, und welche er unter dem leeren Recipienten verstopfte, daß keine Luft wieder hinein kommen konnte.

In demselben Jahre 1706 gab ein französischer Arzt, Dutal, einen Aufsatz [z]) heraus, in welchem er Bernoulli's Verfahren gegen die französischen Akademisten mit vieler Bitterkeit vertheidigte, und ihnen vorwarf, daß sie die Versuche nicht mit gehöriger

z) Pièce justificative pour Mr. *Bernoulli*, contre Messieurs de l'Acad. roy. des scienc. en faveur de phosphore, qu'il a proposé à cette Academie in des *Bernardi* nouvelles de la république des lettres.

riger Sorgfalt angestellt hätten. Auch der berühmte englische Künstler Hawksbee beschäftigte sich mit diesem Gegenstande, und machte seine darüber angestellten Versuche im Jahre 1708 in den philosophischen Transactionen bekannt. Da diese Versuche unter allen die wichtigsten und erheblichsten sind, so werde ich diese nachher besonders anführen. Im Jahre 1710 griff Hartsöker a) Bernoulli's System und Erfahrungen mit Heftigkeit an; er meinte, daß es der Mühe nicht belohne, über diesen Gegenstand so viel Wesens zu machen, indem es doch bloß darauf ankomme, wenn irgend ein Barometer mehr als ein anderes leuchte, ob in dem einen mehr oder weniger Luft zurückgeblieben sey, oder ob die Röhren aus verschiedenen Glassorten verfertigt wären, oder ob das Quecksilber mehr oder weniger unrein sey und die Wände der Röhre mehr oder weniger beschmutze, oder ob das Quecksilber heftiger oder gelinder oder in längerer oder kürzerer Zeit bewegt werde. Bernoulli vertheidigte sich gegen Hartsökern eben so derb. Im Jahre 1715 gab der Prof. der Mathematik zu Wittenberg J. F. Weidler eine Dissertation de phosphoro mercuriali heraus, in welcher er nach Bernoulli's Erzählung eine andere aber nicht einmal recht begreifliche Erklärung aufstellt. Den historischen Theil dieser Abhandlung rühmt übrigens Bernoulli. Im Jahre 1716 schrieb ebenfalls der Prof. der Mathematik zu Gießen, Joh. Geo. Liebknecht, eine Dissertation, de noctiluca mercuriali, in welcher er Bernoulli's Erklärung annahm, und nach dessen Anführung mit soliden Gründen unterstützte.

In

a) Eclairciſſemens ſur les conjectures phyſiques. à Amſt. 1710. 4.

In demselben Jahre 1716 gab auch Michael Heusinger eine Schrift [b]) über diesen Gegenstand heraus. In dieser führt er an, daß das Quecksilber nicht allein im Barometer leuchte, sondern auch in andern durchsichtigen Gefäßen, wenn es darin geschüttelt werde; ja es leuchte sogar, wenn man es aus dem einen Gefäße in das andere übergieße, oder wenn es über die Oberfläche eines mehr oder weniger polirten Körpers wegrolle. Ueberdem bemerkte er noch, daß das Licht im Barometer stärker und schwächer werde, je nachdem die Luft mehr trocken oder mehr feucht wäre. Hatte er Quecksilber in ein gläsernes Gefäß, aus welchem die Luft durch Wärme ausgetrieben war, gebracht, dieses alsdann genau verschlossen, nach einiger Zeit unters Wasser gebracht, und daselbst hin und her bewegt, so ward von ihm ein viel lebhafteres Licht, als außerhalb des Wassers wahrgenommen. Uebrigens sucht er das Leuchten des Quecksilbers ebenfalls von einer subtilen Materie abzuleiten, die aus dem Quecksilber herausgehen soll. In einer 1717 von der Akademie zu Bourdeaux gekrönten Preisschrift über die Phosphoren leitet de Mairan [c]) das Leuchten des Quecksilbers im Barometer von dem in ihm schwach bewegten Schwefel her. Im Jahre 1723 hat endlich du Fay [d]) einen Aufsatz über die leuchtenden Barometer in den Paris. Mémoires mitgetheilt, worin er anführt, daß er die Kunst, leuchtende Barometer zuverlässig zu verfertigen, von einem deut-

b) Diss. de noctiluca mercuriali. Gissae. 1716. 4.

c) Diss. sur la cause de la lumière des phosphores et des noctiluques, qui a remporté le prix à l'Acad. roy. des belles-lettres, scienc. et arts de Bordeaux pour l'année 1717.

d) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1723.

deutschen Glasmacher gelernt habe. Sie besteht in folgendem. Zuerst werden Röhre und Quecksilber gereinigt. Das letztere wird durch eine papierne Tute, die eine sehr kleine Oeffnung hat, gegossen, und hiernächst die Röhre bis auf ein Drittel damit angefüllt. Hierauf wird diese Röhre in einer geneigten Lage über ein Kohlenfeuer erwärmt, damit alle Luft herausgehe, wozu besonders noch das stete Umdrehen der Röhre und das Umrühren des Quecksilbers mit einem eisernen Drath nützlich ist. Nachdem alsdann die Röhre kalt geworden ist, wird das andere Drittel derselben mit Quecksilber gefüllt, und auf eben diese Art die Luft durchs Erwärmen vertrieben. Endlich wird nach gehörigem Erkalten auch das letzte Drittel der Röhre gefüllt, wobey aber das vorige Verfahren nicht wiederholt zu werden braucht. Hierauf wird nun eine hölzerne Büchse an das offene Ende der Röhre mit Siegellack befestigt, und diese so zubereitete Vorrichtung als gewöhnliches Barometer gebraucht. Du Fay versichert, daß die auf solche Art verfertigte Barometer immer stark geleuchtet hätten. Wenn er aber das Quecksilber in einem Tiegel so stark erhitzte, bis es zu dampfen anfieng, und es nachher in eine ebenfalls erwärmte Röhre füllte und nicht allein vermittelst eines leichten Schüttelns, sondern auch durchs Umrühren mit einem eisernen Drathe alle Luft heraustrieb, hierauf aber die Oefnung der Röhre in umgekehrter Lage in ein Gefäß mit Quecksilber brachte, so wollte ein so zubereitetes Barometer keinesweges leuchten. Uebrigens bemerkt du Fay, daß die Witterung der Luft, wie Heusinger gemeint habe, keinen Einfluß auf das Leuchten der Barometer zeige, vielmehr habe es ihm beständig geschienen, daß das Licht das nämliche sey, die Luft möge trocken oder feucht seyn; da-

her pflichte er auch Leibnitzens Meynung bey, daß sich dieses Licht weder verliere noch vermindere, so lange das Barometer in seinem Zustande verbleibe. Er meint also, daß man die Ursache des Leuchtens in dem Quecksilber suchen müsse und besonders in seiner Zubereitung. Er sagt, man könnte glauben, daß bey der Erwärmung Feuertheilchen in die Poren des Quecksilbers sich begäben, welche die Wirkung des Leuchtens hervorbrächten; allein dieser Meynung stän- den zwey Schwierigkeiten entgegen: 1. würden diese Feuertheilchen mit der Zeit verfliegen, und wenn ja in einem Jahre ein Barometer sein Licht nicht gänz- lich verliere, so würde es doch zum wenigsten beträcht- lich geschwächt werden müssen, welches aber der Er- fahrung entgegen sey, und 2. müßte das Quecksilber, welches vor dem Einfüllen in die Röhre erwärmt wür- de, ebenfalls solche Feuertheile aufnehmen, und folg- lich leuchtende Barometer zu Stande bringen; allein dies geschähe nicht. Daher meint er vielmehr, es befinde sich im Quecksilber so wol viel grobe Luft, als auch eine feine Materie. Die grobe Luft hielte die feine Materie gleichsam gefangen, und verhinderte, daß sie aus dem Quecksilber herausgehen könnte. Je mehr also jene vermindert werde, desto mehr Freyheit be- komme diese, und verursache durch ihr heftiges Her- vordringen das Licht, welches wir wahrnähmen. Nach der zweyten Art, die Barometer zu verfertigen, da nämlich das Quecksilber vorher erwärmt werde, drin- ge beym Hineingießen desselben in die Röhre gleichsam von Tropfen zu Tropfen zu viel grobe Luft in dasselbe wieder hinein. Hieraus folgert er endlich, daß die leuchtenden Barometer nicht allein wegen ihres Leuch- tens merkwürdig wären, sondern sie hätten auch, weil

sie sehr rein von grober Luft wären, vor den nicht leuchtenden einen großen Vorzug.

Aus dem bisher angeführten sieht man, wie sehr sich der menschliche Geist verirren kann, wenn ihm einmal eine gewisse Meynung von einer Naturerscheinung vorschwebt. So müssen sich nothwendig Hypothesen auf Hypothesen häufen, welche doch zuletzt die Sache selbst im geringsten nicht aufklären. Man hatte einmal den Gedanken gefaßt, daß das Licht im Barometer eine wirkliche phosphorescirende Erscheinung sey, da sie doch in der That nichts weiter als ein elektrisches Phänomen ist, wofür es auch schon Hawksbee erkannte, wie bald mit mehrerm angeführt werden soll.

Inzwischen war man doch auch darauf bedacht, Versuche anzustellen, welche die Elektricität beweisen. Nach Otto von Guericke und Robert Boyle beschäftigte sich zuerst Newton [e]) mit Versuchen dieser Art, aus welchen zu erhellen scheint, daß er der erste war, welcher eine elektrische Ladung der Glasplatten bemerkte. Er nahm nämlich eine runde Glasscheibe ohngefähr zwey Zoll breit, legte sie in einen messingenen Ring auf einen Tisch so, daß das Glas etwa ein Achtel Zoll von demselben entfernt seyn mochte. Unter diese Glastafel hatte er kleine Papierstückchen gelegt. Als er nun das Glas auf der obern Fläche rieb, so wurden diese Papierstückchen von der untern Fläche des Glases angezogen und darauf wieder abgestoßen, so daß sie hüpfend hin und wieder sich bewegten. Als er mit dem Reiben nachließ, dauerten diese Bewegungen der Papierstückchen

e) Philos. Trans. 1675.

chen noch eine geraume Zeit fort; bisweilen sprangen sie nach der Glasfläche hin, blieben daselbst eine Zeitlang hangen, alsdann fielen sie wieder herab, und verweilten daselbst ebenfalls einige Zeit; hiernächst hüpften sie wieder hinauf u. s. w. Die Wege, die sie bey dieser Bewegung nahmen, schienen manchmal auf der Fläche des Tisches senkrecht, manchmal aber auch schief zu seyn; oftmals sprangen sie auch in einem Bogen in die Höhe, und giengen in einem andern wieder zurück, und zwar verschiedene mal ohne am Glase nur einen Augenblick hangen zu bleiben. Zuweilen hüpften sie in einem Bogen von einer Stelle des Glases zur andern, ohne den Tisch zu berühren; manchmal blieben sie in einem Winkel an dem Glase hangen, und drehten sich öfters sehr geschwind herum, als wenn sie in der Mitte von einem Wirbelwinde wären ergriffen worden. Als er mit seinem Finger auf der Oberfläche des Glases hin und her fuhr, so bemerkte er, daß die Stückchen Papier, so wie sie an der untern Fläche des Glases hiengen, der Bewegung seines Fingers bald hier bald dorthin folgten. Einige von diesen angeführten Bewegungen, als z. B. das Hangen in einem schiefen Winkel, und das Herumdrehen, so wie das Springen von einer Stelle der Glasfläche zur andern ohne den Tisch zu berühren, ereigneten sich selten, desto mehr aber richtete er, wie er versichert, seine Aufmerksamkeit darauf.

Diesen Versuch berichtete Newton im Jahre 1675 der königlichen Societät, und bat die Mitglieder derselben, ihn zu wiederholen. Anfänglich wollte er ihnen nicht recht gelingen, nachdem sie aber von Newton nähere Nachricht eingezogen hatten, wie dabey zu verfahren wäre, so gieng er endlich glücklich von statten, und die Societät ließ ihm dafür danken.

Bey

Bey der Wiederholung dieses Versuchs ward Newton auch gewahr, daß die Materie, womit er das Glas rieb, nicht einerley Wirkung hervorbrachte. Er rieb einmal ein Glas, das vier Zoll breit und einen Viertelzoll dick war, mit einer Serviette zweymal so viel, als er es sonst mit seinem Kleide zu thun pflegte; allein er bemerkte keine Bewegung, welche erst alsdenn, wenn er das Glas mit einer andern Materie rieb, erfolgte. Wenn er das Glas eine ziemlich lange Zeit gerieben hatte, so schien es ihm, als wenn die Bewegungen nicht so anhaltend wären; auch bemerkte er, daß den Tag darnach die Bewegungen viel schwächer, und weit schwerer hervorzubringen waren, als vorher.

Der erste, welcher bey elektrischen Versuchen Funken bemerkte, war D. Wall [f]). Als er mit dem künstlich zubereiteten Phosphor, den er für ein durch eine mineralische Säure coagulirtes animalisches Oel hielt, Versuche anstellte, so ward er auf die Vermuthung geleitet, daß vielleicht der Bernstein, von welchem er glaubte, daß er ein durch eine flüchtige Mineralsäure coagulirtes mineralisches Oel sey, ein natürlicher Phosphor seyn dürfte. Dieß gab ihm Veranlassung, mit dem Bernstein Versuche zu machen. Als er nun ein wol geglättetes Stück Bernstein im Finstern mit seiner Hand rieb, so bemerkte er dabey ein Licht. Hierauf nahm er ein ziemlich großes Stück Bernstein, welches er lang, rund und nach oben zu spitz hatte machen lassen, und rieb es mit einer ganz trockenen Hand, hier nahm er ein sehr lebhaftes Licht wahr.

Hier-

f) Philos. Transact. 1708. Vol. XXVI. nr. 314.

Hiernächst bediente er sich zum Reibzeuge weicher thierischer Substanzen, und fand, daß die Wolle unter allen die beste Wirkung that. Es stellten sich ihm hiebey ganz unerwartete Erscheinungen dar; denn als er das Stück Bernstein mit einem wollenen Tuche heftig rieb, so hörte er ein Knistern, wobey sich eine plötzlich wieder verschwindende Lichtflamme sehen ließ; rieb er aber den Bernstein mit dem wollenen Tuche gelind und langsam, so bemerkte er kein Knistern, sondern bloß Licht. Hielt jemand in einer kleiner Entfernung von dem geriebenen Bernstein einen Finger, so entstand ein starker Laut mit einer darauf erfolgenden großen Lichtflamme. Was ihm hiebey das auffallendste war, war dieß, daß die Person an derjenigen Stelle des Fingers, wo die herausfahrende Lichtflamme hintraf, einen empfindlichen Stoß erhielt. Nach seiner Beschreibung geschah das Knistern so laut, als es von einer Kohle auf dem Feuer gehört wird. Von einem einzigen Reiben erfolgte nach der Geschwindigkeit, womit der Finger an den Bernstein gebracht ward, fünf- sechs- oder mehrmal ein solches Knistern, welches jederzeit mit einem herausfahrenden hellen Funken begleitet war. Er zweifle, sagt er, nunmehr nicht, daß, wenn man ein größeres und längeres Stück Bernstein nähme, nicht allein das Knistern, sondern auch der Funke weit stärker seyn würde. Uebrigens schiene dieß Knistern und der Funke einiger Maaßen den Donner und Blitz vorzustellen.

Auf fand er, daß ebenfalls Licht zum Vorschein kam, wenn man schwarzen Agat, rothen Siegellack, der aus Zinnober und Gummilack verfertigt ist, und den Demant reibt. Hieraus zog er nun den Schluß, daß alle oder doch die meisten Körper, welche Elektricität

cität besitzen, Licht von sich geben, und daß eben dieß Licht die Ursache sey, warum sie elektrisch sind. Er glaubte sogar, daß die ächten Demanten von den unächten dadurch unterschieden werden könnten.

Es scheinen dem D. Wall die Beobachtungen des Otto von Guericke nicht bekannt gewesen zu seyn, indem er das aus dem Bernstein und aus andern elektrischen Körpern herausfahrende Licht als etwas ganz neues und wunderbares anführt. So schön aber auch diese Wahrnehmung an sich war, so scheint er doch von dem elektrischen Lichte eine noch sehr verworrene Vorstellung gehabt zu haben. Er führt nämlich an, daß ein gewisser Umstand in der Reihe seiner Versuche ihm nicht wenig befremdend vorgekommen sey, indem er wahrgenommen habe, daß beym Reiben des Bernsteins mit dem wollenen Tuche am Tage, selbst in dem dunkelsten Zimmer, nur sehr wenig Licht zum Vorschein gekommen sey, ungeachtet das Knistern völlig so stark und so häufig geschienen, als zur Nachtzeit.

Die beste Zeit zur Anstellung dieser Versuche ist nach seiner Versicherung die, da die Sonne achtzehn Grade unter dem Horizonte steht, indem bey diesem niedrigen Stande der Sonne, selbst beym hellsten Mondenscheine, das elektrische Licht eben so stark zu sehen war, wie in dem dunkelsten Zimmer; daher er auch veranlaßt ward, dieß Licht mit dem Nahmen Noctiluca zu belegen.

Uebrigens bleibt es merkwürdig, daß D. Wall das Knistern und das Licht seines Bernsteins mit dem Donner und Blitze vergleicht. So früh ward schon eine Aehnlichkeit zwischen den Wirkungen der Elektricität und des Blitzes bemerkt; allein man dachte noch

nicht

nicht daran, daß sich diese Aehnlichkeit viel weiter als auf den bloßen äußern Schein und auf die Wirkungen erstrecken könne. Daß bey beyden einerley Ursache zum Grunde liegen, war eine Entdeckung, welche in einem weit spätern Zeitraume dem D. Franklin vorbehalten war.

Eine sehr große Erweiterung erhielt die Lehre von der Elektricität durch die ungemein wichtigen Versuche des berühmten Künstlers in England Hawksbee, von welchen er einige in den philosophischen Transactionen bekannt machte. Im Jahre 1709 aber beschrieb er alle seine elektrischen Versuche in einem eigenen Werke [g]). Er war der erste, welcher die starke elektrische Kraft des Glases, das aus diesem hervorkommende elektrische Licht, und den dadurch verursachten Laut, so wie eine große Menge anderer Erscheinungen, welche das elektrische Anziehen und Abstoßen betreffen, bemerkte. Es ist aber in der That merkwürdig, daß er auf alle seine elektrischen Beobachtungen durch den so genannten merkurialischen Phosphor geleitet ward. Es erhellet dieß besonders daher, weil er anfänglich, wie alle übrige Physiker, das Licht im Barometer und auch in andern luftleeren gläsernen Gefäßen für nichts weiter, als für das Licht des merkurialischen Phosphors hielt, und hiemit seine ersten Versuche machte. Er kam aber dadurch bald auf den Gedanken, daß vielleicht das Licht durchs Reiben des Quecksilbers am Glase hervorgebracht werden könne, und ein bloßes elektrisches Phänomen sey. Dieser Gedanke mußte aber nothwendig einem solchen thätigen Manne, wie Hawksbee war, Veranlassung genug seyn, auch auf solche Versuche zu denken, durch welche viel-

leicht

g) Physico-mechanical Experiments.

leicht dasselbe Licht durchs Reiben des Glases hervorgebracht werden könnte. Auch ist diese Vermuthung aus der Bekanntmachung seiner Versuche höchst wahrscheinlich, weil er die mit dem so genannten merkurialischen Phosphor angestellten zuerst, und nicht lange darauf die übrigen elektrischen Versuche in den philosophischen Transactionen bekannt machte.

Hawksbee wiederholte zuerst die Versuche, bey welchen das Queckſilber in luftleeren Gefäßen leuchtet, wenn es darin hin und her bewegt wird, und änderte diese Versuche unter mancherley Gestalten ab. Unter andern ist besonders derjenige Versuch berühmt geworden, bey welchem er zur Nachtzeit einen feurigen Regen innerhalb eines luftleeren gläsernen Gefäßes zu zeigen sich bemühte. Das Werkzeug, welches Hawksbee zu dieser Absicht gebrauchte, ist durch Leupold verbessert worden. Es hat folgende Einrichtung: (fig. 42.) abcd ist ein cylindrisches Gefäß von etwas starkem Glase, welches unten auf einer eisernen Platte mit etwas Sand abgerieben worden, damit es desto gewisser stehe. Der Durchmesser desselben beträgt ohngefähr 1 Zoll 8 Linien, die Höhe ba bis an die Einfassung 4 Zoll 8 Linien. Von aussen ist der Boden hohl, inwendig aber wie eine Glocke egf gebildet. Der Durchmesser des hohlen Bodens beträgt 1 Zoll $3\frac{1}{2}$ Linien, und die Höhe 1 Zoll $4\frac{1}{2}$ Linien. Oben ist ein messingenes Gefäß adki eingeküttet, welches $8\frac{1}{2}$ Linien hoch ist; der Boden dieses Gefäßes ist wie ein Kegel, und hat in der Spitze eine sehr feine Oefnung n, damit durch diese das Quecksilber zart durchlaufen könne; zur Seite bey d aber ist eine etwas größere Oefnung etwa in der Stärke eines dicken Draths. Uebrigens ist dieses messingene Gefäß von innen und

der

der wie ein Trichter geformte Boden von aussen mit einem dünnen Kitt überzogen, damit das Quecksilber das Messing nicht angreifen könne. Oben in l ist eine messingene Hülse, darin ein konischer Stöpsel von Stahl eingeschmirgelt ist, um zwischen ihm keine Luft ins Gefäß kommen zu lassen. Wenn man nun dieses Instrument gebrauchen will, so füllt man mit einem kleinen Trichter so viel Quecksilber in das messingene Gefäß, daß es nicht bis zur Oefnung an der Seite d gehen würde, wenn es in dem trichterförmigen Boden beysammen wäre. Dieß Quecksilber läuft sogleich durch die enge Oefnung n in den Cylinder a b c d, und sammlet sich am Boden e f g rings herum. Hiernächst wird nun dieß ganze Instrument unter einen Recipienten gebracht, und vermittelst einer eigenen Vorrichtung luftleer gemacht. Will man nun haben, daß das Quecksilber im Finstern leuchten und einen feurigen Regen vorstellen soll, so kehrt man das Instrument um, damit das Quecksilber durch die Oefnung d in das Gefäß a d k i laufe; alsdann stellt man das Instrument wieder auf seinen Boden; indem es nun durch die kleine Oefnung n durchläuft und an den erhabenen Boden e g f anschlägt, zertheilt es sich in kleine Kügelchen, wovon ein jedes leuchtet. Wenn nun alles Quecksilber herabgefallen ist, so wendet man das Instrument wieder um und wiederholt das vorige Verfahren von neuem. Hawksbee bemerkt, daß sich hiebey sonderbare blasse Lichtflammen zeigten, welche nach mancherley Richtungen hin und her fuhren.

Auch fand er, daß diese Erscheinung des elektrischen Lichts nicht einen ganz vollkommen luftleeren Raum, auch nicht einmal einen demselben nahe kommenden erfordere. Ja bisweilen brachte er dergleichen

Er-

Erscheinungen des Lichts dadurch zu wege, daß er das Quecksilber in einem Gefäße schüttelte, in welchem die Luft von gleicher Dichtigkeit mit der äußern atmosphärischen war.

Wenn Bernstein auf Wollenzeug im luftleeren Raume gerieben ward, so bemerkte er ein starkes Licht, in der freyen Luft hingegen ein schwaches; er scheint aber das Wollenzeug als einen harten Körper, welcher gegen einen weichen gerieben wird, betrachtet zu haben. Auch fand er, daß ein lebhaftes purpurfarbiges, und nachher ein blasses weißes Licht hervorgebracht ward, wenn man Glas auf Wollenzeug im luftleeren Raume rieb. Er führt an, daß ein jedes frische Glas zuerst ein purpurrothes, und nachher ein blasses Licht gab, und daß Wollenzeug, welches man mit Salzen und geistigen Liquoren getränkt hatte, ein neues, starkes, und blitzendes Licht hervorbrachte.

Noch deutlicher stellte Hawksbee das elektrische Licht durch folgende Versuche dar, indem er sich hiezu eine Maschine hatte verfertigen lassen, welche eine große Aehnlichkeit mit den gewöhnlichen Elektrisirmaschinen besitzt. Er nahm nämlich eine gläserne Kugel, deren Durchmesser 9 Zoll hatte, zog aus ihr mit Hülfe der Luftpumpe die Luft heraus, und brachte sie durch jene Maschine in einen schnellen Umlauf. Wenn er nun seine Hand an die Oberfläche der umlaufenden Maschine legte, und hier und dahin bewegte, so entstand in kurzer Zeit ein solches helles Licht, daß er geschriebene Schrift dabey deutlich erkennen konnte, und sichtbare Gegenstände in einer Entfernung von 10 Fuß erleuchtet wurden. Die Farbe des Lichts schien purpurroth, und die gläserne Kugel, welche er mit der Hand ganz gelinde gerieben hatte, war kaum

etwas

etwas erwärmt. Hatte er die Luft aus der Glaskugel nicht herausgezogen, so bemerkte er zwar auch einiges aber viel schwächeres Licht, als wenn die Kugel luftleer war. Vorzüglich aber war, wie er bemerkt, die Feuchtigkeit der Luft der Hervorbringung des Lichts hinderlich. Diese Versuche, welches besonders merkwürdig ist, leiteten ihn auf den Gedanken, daß das Leuchten des Barometers nicht von der Bewegung des Quecksilbers, sondern von dem Reiben desselben am Glase herrühre. Diese Meynung schien sich noch mehr dadurch zu bestätigen, weil er fand, daß sich in der Torricellischen Leere durch ein bloßes äußeres Reiben an der Röhre mit seinem Finger ohne alle Bewegung des Quecksilbers ein Licht zeigte. Indessen meinte er, daß wohl die hervorbringende Kraft des Lichts im Quecksilber liegen könne.

Nachdem Hawksbee die Luft wieder in die Kugel, da sie sich im schnellsten Umlaufe befand, hinein ließ, so wurde der Glanz des Lichts ungemein schwach, merkwürdig dabey aber war, daß, als er seinen Finger gegen das Glas brachte, ein Funke aus demselben in einer Entfernung eines Zolles hervorzukommen schien, und daß um dasselbe ein Lichtschimmer zu bemerken war, welcher Objekte auf 2 Zoll weit erleuchtete.

Folgender Versuch, welchen Hawksbee anstellte, war ihm äußerst auffallend. Man darf sich aber nicht wundern, daß er die Umstände, welche dazu beytrugen, nicht einsah, weil die Erklärung davon auf Grundsätzen beruht, die erst lange Zeit hernach von Canton entdeckt wurden. Als er nämlich eine luftleere Kugel innerhalb des elektrischen Lichts einer durchs Reiben elektrisch gemachten hielt, so bemerkte

er

er in jener ein Licht, welches sich sogleich wieder verlor, als sie in Ruhe blieb, dagegen wieder zum Vorschein kam, und sehr stark fortdauerte, sobald die luftleere Kugel in Bewegung gesetzt und darin erhalten wurde. Als er eine luftleere Röhre in die Ausflüsse einer durchs Reiben elektrisch gemachten Kugel brachte, ließ sich ein, wie er sich ausdrückt, ununterbrochen strahlendes Licht sehen. Er glaubte, daß die luftleere Kugel durch das Anziehen der Ausflüsse aus der andern Kugel elektrisch würde. Es war ihm also die wahre Ursache von dieser Erscheinung gänzlich unbekannt. Wenn er sagt, daß durch Ausflüsse des einen Glases, welche auf ein anderes fallen, Licht hervorgebracht werden könne, so fügt er hinzu, daß elektrische (oder nach seiner Meynung anziehende) Materie durch zu schwaches Streichen nicht hervorzubringen sey. Er hatte nämlich zuvor bemerkt, daß sich beym Reiben einer luftleeren Röhre weder eine anziehende Kraft, noch einiges Licht auswendig, sondern bloß inwendig, zeigte.

Die Maschine, womit Hawksbee die angeführten Versuche machte, änderte der Mechanikus in Leipzig etwas ab. Statt der gläsernen Kugel nahm er eine gläserne Glocke, die auf der Luftpumpe luftleer gemacht war, und auf einer Maschine, welche die gewöhnliche Form einer Glasschleifmaschine hatte, schnell herum bewegt werden konnte. Wolf [h]) hat diese Einrichtung umständlich beschrieben, und bemerkt hiebey noch, daß er das Licht, welches wie bläulichte Blitze durch das ganze Glas gefahren sey, nicht allein durchs Reiben mit seinen Fingern, sondern auch durchs Reiben mit Leder hervorgebracht habe. Auch sey es mit

h) Nützliche Versuche. Th. II. Cap. X. §. 171.

mit einem Tuche angegangen, und er zweifle gar nicht, daß es nicht auch noch mit vielen andern Materien angehen würde. Uebrigens bemerkt Wolf noch, daß ein gewisser französischer Arzt und Mathematiker, Polynier [i]), einen Versuch gemacht habe, welcher von dem Hawksbee'schen mit der gläsernen luftleeren Kugel angestellten so wenig verschieden sey, als Hawksbee's feuriger Regen von Bernoulli's mercurialischem Phosphor. Es gebe sich zwar Polynier für den Erfinder dieses Versuchs aus, allein Hawksbee habe schon im Jahre 1705 im Novemb. seinen Versuch der königlichen Societät zu London mitgetheilt; von des Polynier Erfindung sey aber nicht eher als im Monat Januar des Jahrs 1707 etwas öffentlich gedacht worden, daher gebühre allerdings Hawksbee'n die Ehre dieser Erfindung. Indessen ist Polynier's Methode, diesen Versuch anzustellen, viel einfacher und mit weniger Kosten verknüpft, als Hawksbee's Manier, und verdient daher ebenfalls angeführt zu werden. Man nimmt nämlich eine runde gläserne Flasche mit einer engen Oefnung, und küttet darin mit einem festen Kütte das eine Ende einer krumm gebogenen gläsernen Röhre; das andere Ende dieser Röhre küttet man in einen Recipienten, welcher oben offen ist. Hiernächst wird nun dieser Recipient auf den Teller einer Luftpumpe gesezt, und die Luft so viel als möglich herausgezogen; nachher schmelzt man mit einer Lampe die Röhre unweit der Flasche zu. Hier hat man den Vortheil, daß man nicht allemal die Luft von neuem ausziehen darf, wenn man den Versuch anstellen will. So oft man nun das Licht her-

i) Nouvelles de la république des lettres. Janv. 1707. conf. Expériences de physique, exper. 98. p. 467. sqq.

hervorzubringen gedenkt, wischt man das Glas warm ab, damit sich nicht etwa eine Feuchtigkeit daran hängt, als welche dem Versuche nachtheilig ist. Sobald man es an einem finstern Orte mit der Hand reibt, so sieht man an der innern Fläche des Glases ein Licht. Schlägt man mit der Hand an das Glas, so fahren durch dasselbe die nämlichen Blitze, wie beym Hawksbee'schen Versuche, wenn man die Finger an der Kugel auf- und abspringen läßt. Schlägt man mit der Hand wider den Boden, so fährt das Licht schlangenweise von einem Ende des Glases bis zum andern. Hiebey ist es aber merkwürdig, daß das Licht erscheint, wenn man die Hand zurückzieht, nicht aber, wenn man anschlägt. Auch führt Wolf noch an, daß dieser Versuch am allerleichtesten auf folgende Art anzustellen sey. Man soll etwa eine zwey Zoll lange und auf der einen Seite zugeschmolzene Röhre nehmen, aus dieser durch die Wärme die Luft austreiben, und dann sogleich die andere Oefnung auch zuschmelzen. Wenn man im Finstern diese Röhre mit den beyden Fingern nach der Länge herunter streiche, so ziehe sich das Licht von oben bis unten, als ob es mit den Fingern aus einander gezogen würde. Auch habe er in eine solche Röhre ein wenig Quecksilber gethan, und bemerkt, daß dieses durch seinen Fall eben dergleichen Licht nach sich gezogen, als durchs Reiben mit den Fingern hervorgebracht worden; woraus erhelle, daß das Quecksilber das Licht bloß durch das Reiben hervorbringe.

Das stärkste elektrische Licht ward von Hawksbee alsdann bemerkt, wenn er einen luftleeren gläsernen Cylinder in einen andern luftvollen einschloß, den äußersten hierauf durch Reiben elektrisch machte, und alsdann beyde in eine umlaufende Bewe-

gung setzte. Der Erfolg war einerley, es mochten ihre Bewegungen mit einander übereinstimmen oder nicht. Wenn bloß der äußere Cylinder in Bewegung war, so zeigte sich ein beträchtlich starkes Licht, das sich über die Oberfläche des innern Glases verbreitete. Folgende Erscheinung war ihm besonders auffallend; nachdem beyde Cylinder eine ziemliche Zeit in Bewegung gewesen waren, während welcher er die Oberfläche des äußern Cylinders mit seiner Hand gerieben hatte, hierauf aber mit der Bewegung inne gehalten wurde, so daß sich ganz und gar kein Licht mehr zeigte, so fand er, daß, als er nachher seine Hand von neuem nahe an die Oberfläche des äußern Cylinders brachte, Lichtflammen wie Blitze in dem innern Cylinder zum Vorschein kamen, als ob, wie er sich ausdrückt, die Ausflüsse von dem äußern Cylinder durch die Annäherung der Hand mit größerer Gewalt darauf gestoßen worden wären. Dieser Versuch war von gleicher Beschaffenheit mit denen, welche er mit der luftleeren und durch Reiben elektrisch gemachten Kugel, und mit der luftleeren Röhre angestellt hatte. Seine Meynung hierüber zeigt aber, daß ihm die wahre Ursache aller hiebey vorkommenden Umstände völlig unbekannt war.

Daß das elektrische Licht durch Ausflüsse aus dem durchs Reiben warm gewordenen Glase entstehe, glaubte er durch die anziehende Kraft des Glases zu erweisen. Er rieb eine gläserne Röhre, welche 1 Zoll dick und 30 Zoll lang war, so lange mit Papier, bis sie warm geworden war, hiemit zog er alsdann kleine Stückchen Flittergold in einer Entfernung von 9 bis 10 Zoll an. Je mehr die Röhre erwärmt war, desto stärker war die Anziehung. Bisweilen blieben die leichten angezogenen Körperchen an der Fläche der Glasröhre han-

hangen, bisweilen aber wurden sie mit Gewalt zurückgestoßen, und zwar oft beym Hinfahren gegen die Röhre, oft in der wirklichen Berührung. Manchmal bewegten sie sich langsam gegen das Glas, manchmal blieben sie in freyer Luft mitten zwischen der Glasröhre und dem Tische hangen, und bisweilen fuhren sie vor der Röhre, ohne sie zu berühren, vorbey. Die Ursache der Verschiedenheit dieser Erscheinungen suchte er in der verschiedenen nach dem Zustande der Atmosphäre herausgehenden Menge der elektrischen Ausflüsse.

Auch bemerkte er beym Herausfahren der elektrischen Ausflüsse den entstandenen Laut, und die wirkende Kraft auf das Gefühl. Wenn nämlich eine durch Reiben elektrisch gemachte Röhre verschiedene Körper anzog, und Licht auf dieselben warf, so nahm er wahr, daß sogleich, als sie derselben nahe kamen, ein Getöse, das er ein Schnappen nennt, gehört ward. Ferner führt er an, daß die geriebene Röhre nahe ans Gesicht gehalten eine Empfindung hervorbrächte, als wenn feine Härchen über dasselbe gezogen würden. Auch bey der Wiederholung des Herumdrehens und Reibens der gläsernen Kugel bemerkte er, daß das Licht aus derselben mit einem gewissen Getöse herausfuhr, und auf dem Finger, wenn er in einer Entfernung eines halben Zolles von ihr gehalten ward, eine Art von Drücken verursachte.

Auf das elektrische Abstoßen und Zurückstoßen richtete Hawksbee besonders seine Aufmerksamkeit, und vorzüglich auf die Richtung, nach welcher sich diese Kräfte thätig beweisen.

Er knüpfte um einen Drathreifen Fäden, und brachte denselben nahe an eine durch Reiben elektrisch

gemachte Kugel oder Cylinder; hier bemerkte er, daß die Fäden eine beständige Richtung nach dem Mittelpunkte der Kugel zu, oder nach einem gewissen Punkte der Axe des Cylinders bey jeder Stellung des Reifen behielten; daß diese Wirkung etwa 4 Minuten lang, nachdem die umdrehende Bewegung der Kugel oder des Cylinders aufgehört hatte, fortdauerte; und daß die Wirkung beständig einerley war, er mochte den Drathreifen über oder unter der Kugel halten, und es mochte die Axe der Kugel oder des Cylinders mit dem Horizonte parallel gehen, oder auf diesem senkrecht stehen.

Ferner bemerkte er, daß die Fäden, welche mit dem Ende nach dem Mittelpunkte der Kugel gerichtet waren, von einem daran gehaltenen Finger angezogen, und nachher wieder zurückgestoßen wurden; daß, wenn der Finger, oder ein anderer Körper, den Fäden sehr nahe gebracht ward, dieselben angezogen, hingegen zurückgestoßen wurden, wenn der Finger in einer Entfernung von ohngefähr einem Zolle davon gehalten ward. Die Ursache dieser verschiedenen Erscheinungen scheint er aber nicht eingesehen zu haben.

Er knüpfte ferner Fäden an die Axe einer Kugel oder eines Cylinders, und nahm wahr, daß sie überall in geraden Linien von der Stelle, wo sie angeknüpft waren, aus einander giengen, wenn die Kugel oder der Cylinder in Umlauf kam und gerieben ward. Hier, sagt er, fuhren sie von dem an die entgegengesetzte Seite des Glases gehaltenen Finger zurück, wenn auch derselbe das Glas selbst nicht berührte; bisweilen aber sprangen sie plötzlich nach demselben zu. Wenn er mit seinem Munde in einer Entfernung von 3 bis 4 Fuß gegen das Glas blies, so bemerkte er, daß die Fäden in eine ganz beträchtliche Bewegung kamen.

Hien-

Hiengen die Fäden in einer nicht elektrisch gemachten Kugel frey in Ruhe, so kamen sie bey der Annäherung irgend eines elektrisch gemachten Körpers sogleich in Bewegung, außer bey feuchter Witterung. Dieß letztere, glaubte er, rühre daher, weil die Feuchtigkeit auf der äußern Fläche des Glases den freyen Durchgang der elektrischen Ausflüsse durch dasselbe hindere.

Auch war keine Anziehung hervorzubringen, wenn das Reiben im luftleeren Raume geschah; um die anziehende Eigenschaft zu zeigen, werde so wohl die äußere, als auch die innere Luft, erfordert; um aber das elektrische Licht hervorzubringen, sey nur die Gegenwart der einen nöthig, indem entweder eine gläserne luftvolle Kugel im luftleeren Raume gerieben, oder eine luftleere Kugel in freyer Luft gerieben ein sehr beträchtliches Licht zu Stande bringe.

Ferner führt er an, daß das durchs Reiben eines luftleeren Glases in freyer Luft erzeugte Licht von der wieder hineingelassenen Luft keine so große Veränderung erleide, wie dasjenige, welches durchs Reiben eines luftvollen Glases im luftleeren Raume hervorgebracht wird, indem im ersten Falle das Licht und die Farbe desselben eben nicht stark geändert werde, bis eine gewisse Quantität Luft in das luftleere Glas hineingelassen worden; im letztern Falle hingegen bey jeder Zulassung von Luft zur auswendigen Seite des luftvollen Glases, beydes das Licht und die Farbe eine merkliche Veränderung erlitten.

Hawksbee blieb bey diesen Versuchen noch nicht stehen. Verschiedene andere, welche hier noch angeführt zu werden verdienen, beweisen die außerordentliche Feinheit des elektrischen Lichts, und sind bey

weitem noch nicht so untersucht worden, als sie es bedürfen.

Er nahm eine gläserne Kugel, und überzog etwas mehr als die Hälfte derselben auf der inwendigen Seite mit Siegellack, zog hiernächst die Luft aus ihr heraus, und setzte sie durch seine Maschine in eine umlaufende Bewegung. Als er nun seine Hand daran legte, um sie durch Reiben elektrisch zu machen, so erblickte er die Größe und Gestalt aller Theile seiner Hand ganz deutlich und vollkommen auf der inwendigen hohlen Oberfläche des Siegellacks. Es schien, als wenn daselbst bloßes Glas, ohne einigem Ueberzuge von Siegellack zwischen seinem Auge und seiner Hand gewesen wäre. An manchen Stellen war der Ueberzug des Siegellacks so dünne, daß er im Dunkeln ein Licht mitten hindurch erkennen konnte; an andern Stellen hingegen lag der Lack zum wenigsten ein Achtelzoll dick, und gleichwol konnte er auch an diesen Stellen das Licht und die Gestalt seiner Hand eben so deutlich mitten hindurch wahrnehmen, als an irgend einer andern Stelle. Selbst an denjenigen Stellen, wo das Siegellack nicht so dicht an das Glas schloß, wie an andern, war das Licht doch eben so gut, wie an dem übrigen Theile, zu erkennen.

Nahm er statt des Siegellacks Pech, so fanden die nämlichen Erscheinungen statt. Auch fand er, daß, wenn die Luft in die Kugel hineingelassen ward, sowol der überzogene, als auch der leere Theil, eine gleiche anziehende Kraft äußerte. Geschmolzene Schwefelblumen zeigten keine solche Wirkung; gemeiner Schwefel aber schickte sich dazu eben so gut, wie Siegellack und Pech. Bey beyden letztern Versuchen hatte sich der Schwefel vom Glase abgesondert.

Wenn

Wenn er mit einer sehr großen Menge von gemeinem Schwefel die innere Fläche der Kugel zum Theil belegte, so war das Licht inwendig wol viermal so stark, die Gestalt seiner Finger konnte er aber nicht so deutlich erkennen, als in den erstern Fällen. Auch bemerkte er, daß an demjenigen Theile nahe an der Axe, wo der Schwefel am dicksten war, kein Licht hervorgebracht ward, welches er hauptsächlich der langsamen Bewegung an diesem Orte zuschrieb.

Ließ er einen kleinen Theil von atmosphärischer Luft in die nur zum Theil mit Siegellack überzogene Kugel, so verschwand das Licht an diesem überzogenen Theil gänzlich, an dem leeren Theile hingegen nicht. Hatte er alle Luft hineingelassen, so bemerkte er noch überdem, daß, wenn er den oben erwähnten Drathreifen mit Fäden über dem Glase hielt, die Fäden von dem mit Siegellack überzogenen Theile in größern Entfernungen angezogen wurden, als von dem leeren Theile. War die Kugel luftleer, so zog der Lack die der auswendigen Seite der Kugel nahe gebrachten Körper an, so daß sogar in diesem Falle die Fäden ihre Richtung nach dem Mittelpunkte behielten, jedoch nicht so lebhaft, als wenn Luft in die Kugel gelassen war; dagegen wurden die Fäden gar nicht angezogen, wenn auf der einen Seite der luftleeren Kugel kein Ueberzug sich befand.

Hawksbee schränkte sich aber nicht allein auf die elektrische Kraft des Glases ein, er stellte auch Versuche mit einer Kugel von Siegellack an, in deren Mitte eine Kugel von Holz sich befand. Aus diesen seinen Versuchen schloß er, daß die Elektricität des Siegellacks mit der Elektricität des Glases von gleicher Natur sey, und nur in Ansehung des Grades

davon unterschieden wäre. Es war ihm nicht möglich es dahin zu bringen, daß sich an seinem Finger, den er an die durchs Reiben elektrisch gemachte Siegellackkugel hielt, mehr Licht angesetzt hätte, als wenn derselbe einer luftleeren und elektrisch gemachten Glaskugel nahe gebracht ward.

Ueberdem ließ er sich auch eine Kugel von Schwefel, und eine Kugel von Harz mit darunter gemengten fein zerstoßenen Ziegelsteinen verfertigen. Bey der Schwefelkugel hielt es gar schwer, dieselbe durchs Reiben elektrisch zu machen; da hingegen das Harz ungleich stärkere elektrische Wirkungen hervorbrachte, als es das Siegellack gethan hatte. Diese Wahrnehmung schreibt er dem Gebrauche der Harzkugel zu, da sie noch warm war, indem sie in diesem warmen Zustande Metallblättchen anzog, ohne vorher im geringsten gerieben worden zu seyn. Uebrigens führt er an, daß das durchs Reiben elektrisch gemachte Harz im Dunkeln gar kein, und der Schwefel nur wenig Licht von sich gegeben habe.

Was die elektrische Kraft überhaupt betrift, so fand er, daß ein geringes Reiben hinreichend war, dieselbe zu erregen, und daß ein stärkeres Drucken oder eine heftigere Bewegung dieselbe eben nicht beträchtlich vermehre. Sonst bemerkt er, daß alle Erscheinungen der Elektricität durch Wärme vergrößert, durch Feuchtigkeit aber vermindert würden, welches er dem Widerstande zuschreibt, welchen die wässerichten Theilchen den elektrischen Ausflüssen leisteten, und er ward, so wie schon andere vor ihm, in dieser Meynung dadurch bestärkt, als er fand, daß die Dazwischenkunft von leinenem Zeuge gewisse Wirkungen, welche ohne dieses zu bemerken waren, verhinderte.

Auch

Auch nahm er wahr, daß, wenn die gläserne Röhre mit einer andern Materie als Luft, z. B. mit trockenem Schreibesande, angefüllt war, die Anziehung der elektrischen Ausflüsse weit schwächer war; er wußte aber nicht, welche Art von Körpern diese Wirkung hervorbrachte. Er bemerkt selbst, daß er die elektrische Kraft eines massiven gläsernen Cylinders zwar nicht gänzlich so stark, wie die elektrische Kraft einer hohlen Röhre, dagegen aber weit anhaltender als diese gefunden habe.

Indessen beweisen doch einige von seinen letzten Versuchen, durch welche er elektrische Erscheinungen aus Metallen hervorzubringen suchte, daß er keine richtige Idee von dem Unterschiede zwischen den elektrischen und nicht elektrischen Körpern gehabt habe. "Aus diesen Versuchen, sagt er, leite ich den sichern Schluß, daß, wenn ja irgend eine elektrische Erscheinung, als Licht, aus einem metallenen Körper durchs Umdrehen und Reiben zu Stande zu bringen ist, alles Reiben der verschiedenen zu dieser Absicht von mir gebrauchten Körper zu schwach gewesen sey, dergleichen zu erwecken. Und in der That, wenn man die Dicke der Metalltheile in Betrachtung zieht, und ihren festen Zusammenhang erwägt, so ist freylich ein geringer Grad des Reibens nicht hinreichend, ihre Theile in eine solche Bewegung zu setzen, als zur Hervorbringung einer elektrischen Erscheinung erforderlich ist, für welche Erscheinung ich die Eigenschaft des Lichts in einem solchen Mittel halte."

Nachdem Hawksbee seine meisten elektrischen Versuche in den philosophischen Transactionen bekannt gemacht und gezeigt hatte, daß Licht an allerhand Materien, daran sich das Glas reibt, hervorgebracht wer-

werden könne, so wurden einige von den französischen Mitgliedern der Akademie, als Johann Bernoulli und der jüngere Cassini dadurch veranlaßt, etwas genauer zu untersuchen, was die Körper für gewisse Eigenschaften besitzen müßten, wenn sie an einander gerieben Licht zum Vorschein bringen sollten [k]). Bernoulli meldet, daß er schon vor vielen Jahren Versuche dieser Art angestellt, sie aber der Akademie aus Nachlässigkeit nicht mitgetheilt habe.

Da die meisten Körper, sagen die Akademisten, von keiner solchen Beschaffenheit sind, daß sie eben so leicht Licht von sich gäben, wie der vom Schwanze nach dem Kopfe zu geriebene Rücken einer Katze, der Zucker oder der Schwefel, welche im Dunkeln zerstückt werden u. s. w., so gäbe es doch gewisse Bedingungen, unter welchen die Körper an einander gerieben ebenfalls Licht zum Vorschein brächten.

Unter zweyen Materien, die man an einander reibe, müsse wenigstens die eine durchsichtig seyn, damit man das Licht, welches gemeiniglich mit dem Reiben wieder aufhöre, desto besser sehen könne.

Damit die Materien desto besser einander berühren, soll ihre Fläche eben und polirt seyn.

Auch sollen beyde Materien hart seyn. Inzwischen bringe eine große Dichtigkeit ohne große Härte eine gleiche Wirkung hervor. So habe Bernoulli gefunden, daß Licht hervorgebracht werde, wenn man Quecksilberamalgama an einer Glasfläche reibe.

Eine von beyden Materien soll sehr dünne seyn, damit sie durchs Reiben bald warm werde; denn was bald warm werde, das gebe geschwinder Licht.

Ber-

k) Histoire de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1707.

Bernoulli fand, daß Gold auf Glas gerieben unter allen Metallen am geschicktesten war, Licht zum Vorschein zu bringen; kein Körper schien hiezu aber geschickter zu seyn, als der Diamant; dieser gab ein so lebhaftes Licht, daß es dem Lichte einer mit einem Blasebalge geblasenen glühenden Kohle glich. Ueberdieß bemerkte Cassini, daß hiezu der Diamant in Tafeln geschnitten geschickter sey, als in einer andern Form.

Ferner fand Cassini, daß ein harter Thaler und andere Geldsorten an Glas gerieben weniger Licht hervorbrachten, als der Diamant, und daß dieser in Form einer Tafel an einer Geldmünze gerieben ebenfalls Licht erregte.

Die bisher angeführten Versuche beweisen deutlich genug, daß die Lehre von der Elektricität in diesem Zeitraume einen merklichen Schritt vorwärts gethan hatte. Man konnte aber auch leicht einsehen, daß diese merklichen Fortschritte vorzüglich von Hawksbee's Glaskugel und seiner andern Vorrichtung mit dem Glascylinder abhiengen. Allein gleichwol blieb der Gebrauch solcher Maschinen noch eine lange Reihe von Jahren liegen. Man gebrauchte vielmehr lange nach Hawksbee'n noch die Glasröhren, vermuthlich aus der Ursache, weil sie leichter, tragbarer, und bey denjenigen Versuchen, auf welche man vorzüglich seine Aufmerksamkeit richtete, bequemer zu regieren waren. Auch ist dieß wol die Ursache, daß die Hauptentdeckungen in der Elektricität, die man in der Folge machte, so sehr verspätet wurden.

Meynungen über das Wesen der Elektricität.

Alle, welche in diesem Zeitraume sich mit elektrischen Versuchen beschäftigten, glaubten, daß die elektri-

tri-

trischen Erscheinungen von elektrischen Ausflüssen herrührten, welche nach dem verschiedenen Zustande der Atmosphäre verschieden auf die Körper wirkten. Newton insbesondere schien der elektrischen Materie, die er für äußerst dünn und fein hält, eine anziehende Kraft beyzulegen, welche auf ähnliche Art, wie die Schwere, wirkt. Zum wenigsten stellt er in seinen der Optik beygefügten Fragen mehreremal attractiones gravitatis, virtutisque mageneticae et electricae zusammen. Er bemerkte aber ausdrücklich, daß er dadurch keineswegs die Ursache der Phänomene angeben wolle. Seine Schüler aber glaubten, diese wirklich erklärt zu haben, wenn sie dieselbe von einer den Körpern wesentlichen besondern Art der Anziehung und Zurückstoßung herleiteten.

Nordlicht, Nordschein.

Dieses feurige, besonders merkwürdige Phänomen ist zwar in diesem Zeitraume noch nicht als ein elektrisches Meteor aufgeführt worden. Da es aber doch in der Folge als ein solches wirklich betrachtet worden ist, so halte ich es für nöthig, an diesem Orte die merkwürdigsten Erscheinungen, welche an ihm wahrgenommen worden sind, und die Erklärungen, die man davon zu geben sich bemüht hat, kürzlich zu erzählen, um alsdann in der Folge desto besser einzusehen, wie durch den allmähligen Fortgang der Elektricität die Meynungen sich geändert haben, indem man die elektrischen Erscheinungen mit denen des Nordlichts mehr zu vergleichen anfieng.

Sonst ist dieses Luftmeteor sehr vernachlässigt worden; erst in diesem Zeitraume fieng man an, die Erscheinungen an ihm etwas genauer zu beobachten.

Frey-

Freylich mochte auch wol die Schuld mit daran liegen, daß dieß Phänomen in den gemäßigtern Gegenden seltener, als in den kältern nördlichern Gegenden gesehen wird. So berichtet Maraldi, daß er zu Paris das erste im Jahre 1716, nachher aber 6 Jahre hinter einander alle Jahre eins wahrgenommen habe. Auch Halley bemerkt, daß er das erste in England in demselben Jahre gesehen habe; damals war aber Halley schon 60 Jahre alt, und von Jugend auf ein fleissiger Beobachter des Himmels gewesen. Unter allen Nordlichtern aber, welche in diesem Zeitraume beobachtet worden sind, war aber auch das im Jahre 1716 das einzige und vollständigste in seiner Art. Es wurde nicht allein in Deutschland, sondern auch in Frankreich, England und Holland wahrgenommen. Maraldi [1]) gab sich Mühe, die verschiedenen Jahre, in welchen man Nordlichter gesehen hatte, aufzusuchen, und zugleich auf die Beschaffenheit der Witterung in diesen Jahren Rücksicht zu nehmen. Er glaubte hieraus durchgängig gefunden zu haben, daß dieß Phänomen beständig in den trokkensten Jahren, oder vielmehr in mehreren auf einander folgenden trockenen Jahren gesehen werde. Auch führt Maraldi an, daß die Höhe der Nordlichter über der Erdfläche außerordentlich groß seyn müsse, indem dasjenige Nordlicht, welches im Jahre 1720 zu sehen war, am 1ten März in der nämlichen Stunde zu St. Malo in Bretagne, und zu Riom in Auvergne, zwey Oerter, die 100 französ. Meilen von einander entfernt lägen, betrachtet worden wäre.

Die Erscheinungen, welche gewöhnlich bey den Nordlichtern wahrgenommen werden, sind folgende: das

1) Histoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1721.

das ganze Phänomen zeigt sich in der nördlichen Gegend als eine starke oft hochrothe Lichtflamme am Horizonte, woraus helle Lichtstrahlen herausfahren, welche zuweilen bis an das Zenith reichen. Gewöhnlich nehmen sie ihren Anfang gleich nach Sonnenuntergang, oder doch wenigstens nicht lange darnach, selten entstehen sie nach Mitternacht oder des Morgens; die stärksten ereignen sich gleich nach der Abenddämmerung. Sie dauern oft nur eine kurze Zeit, oft aber auch die ganze Nacht hindurch oder mehrere Nächte nach einander. Zuerst erblickt man gegen Norden einen dunkeln Nebel, welcher die Gestalt eines Segments von einem Kreise annimmt, dessen Bogen mit einem weißlichten Lichte schimmert, so wie man oft beym neblichten Himmel um den Mond dergleichen helle Kreise sieht; oft erblickt man auch mehrere dergleichen concentrische Bogen, durch deren Zwischenräume man das Dunkele gewahr wird. Aus diesem dunkeln Nebel steigen Lichtstreifen von verschiedener Farbe hervor, welche oft plötzlich wieder vergehen, oft aber nur allmählich abnehmen, so daß man in ihnen keine beständige Bewegung wahrnimmt. Das ganze Phänomen wird nach und nach heller, und es verbreitet sich eine helle zitternde Lichtmasse, wobey das Herausfahren der hellen Lichtstreifen häufiger wird. Auch hört man oft dabey ein solches starkes Knallen, als wenn 100 Gewehre auf einmal abgeschossen würden. Diese Strahlen zertheilen sich oft in helle Wölkchen, und bilden im Zenith gleichsam Kuppeln, welche mit den schönsten Farben spielen. Hierauf wird gewöhnlich diese Erscheinung schwächer und ruhiger, jedoch geschieht dieß nicht auf einmal, sondern mit häufigen Abwechselungen, wobey sich alle vorigen Phänomene, Lichtsäulen, zitternde Lichtmasse u. d. gl. erneuern.

End-

Endlich aber hört diese Bewegung auf, das Licht zieht sich mehr gegen den nördlichen Horizont zusammen und bleibt daselbst ruhig; das dunkle Segment zerstreuet sich, und es bleibt nichts weiter zurück, als eine starke Helligkeit am nördlichen Horizonte, die nach und nach auch verschwindet, oder sich in der Morgendämmerung verliert.

Hier entstehen nun folgende Fragen:

1. Sind die Nordlichter ein wirkliches atmosphärisches Phänomen unserer Erde? Alle Beobachter dieses Zeitraums beantworten diese Frage bejahend. Wolf [m]) sucht dieß besonders noch aus verschiedenen gleichzeitigen Beobachtungen an dem im Jahre 1716 gesehenen Nordlichte zu beweisen. Man könne zwar, sagt er, die Einwendung machen, daß, wenn das Phänomen wirklich an einer so niedrigen Stelle erscheine, es zu gleicher Zeit an zwey sehr weit von einander entlegenen Orten, dergleichen London und Königsberg in Preussen wären, nicht würde gesehen werden können; allein Wolf bemerkt, daß man aus dem Umstande der Zeit gar nicht schließen könne, daß dieß Phänomen allenthalben in allen möglichen Ereignissen zugleich wäre wahrgenommen worden, besonders da schon in nicht sehr weit von einander gelegenen Orten eine Verschiedenheit der Erscheinung in gleicher Zeit wäre beobachtet worden, und in den zufälligen Umständen bey weitem nicht übereinstimmten. Ueberdem könnten zwey Oerter, die sehr weit von einander entfernt lägen, in Ansehung ihrer Länge viel, in Ansehung ihrer Breite aber wenig unterschieden seyn, so daß verschiedene Theile des Phänomens zu Königsberg und

m) Acta erudit. Lips. 1716. p. 365. sqq.

und zu London hätten gesehen werden können, wenn gleich die Höhe nicht mehr, als eine halbe deutsche Meile betragen hätte. Daß aber dieß Nordlicht wirklich unter die feurigen Meteore gerechnet werden müsse, erhelle daher, weil es mit seinem eigenen, und mit keinem fremden Lichte geglänzt habe, indem Sonne und Mond schon so weit unter dem Horizonte verborgen gewesen wären, daß sie der Atmosphäre keine Strahlen hätten zusenden können.

2. Welches sind die Ursachen dieses Phänomens? Die Meisten in diesem Zeitraume hielten es für entzündliche Dünste, welche aus der Erde in die Atmosphäre aufsteigen und sich daselbst entzünden, nur mit dem Unterschiede, daß Einige diese Ausdünstungen als Schwefel und Salpeter, Andere aber überhaupt als etwas entzündliches betrachteten. Wolf sucht diese Meynung besonders noch durch folgende Gründe zu unterstützen; a. weil durch diese feine Materie die Sterne hätten gesehen werden können, b. weil sich der obere helle Bogen öfters zertheilt und bald wieder ergänzt habe, und c. weil diese Materie von dem dunkeln und schwarzen Nebel, der sich bey der Entstehung des Phänomens mit einem hellglänzenden Rande gezeigt habe, herrühre. Uebrigens meint er, daß diese Materie, welche den leuchtenden Bogen gebildet habe, nicht entzündet, sondern nur in einer gelinden Bewegung begriffen gewesen sey, als welche zur Erzeugung des Lichtes hinreiche, indem Erfahrungen genug zeigten, daß durch eine solche Bewegung Licht hervorgebracht werden könne. Die herauffahrenden Lichtstrahlen aber sieht er als wirklich entzündete materielle Theile an. Die Ursache dieser Entzündungen sucht er in der Concentration der entzündlichen Aus-

dün-

dünstungen, so wie sie ebenfalls statt habe, wenn nasses Heu in großen Hausen zusammengeworfen endlich in Flamme ausbreche.

Dagegen leitete Halley[n]) das Nordlicht des Jahrs 1716 von einem magnetischen Ausflusse aus den nördlichen Polen der Erde ab, welcher bey seinem Aufsteigen dicht und sichtbar sey, gegen den Aequator hin sich zerstreue, und alsdann wieder sammle, um in den Südpol wieder einzudringen. Den Grund dieser seiner Behauptung nimmt er davon her, weil damals die Abweichung des Bogens vom Mitternachtspunkte westlich und beynahe der Abweichung der Magnetnadel gleich war. Außerdem führt er noch eine andere Meynung an, wie das Nordlicht entstehen könne; nach ihm hat nämlich die Erde einen besondern Kern, und wir bewohnen nur die äußere Rinde. Vielleicht sey auch der Kern bewohnt, und da die Sonne diesen nicht beleuchten könne, so halte sich zwischen Kern und Rinde eine eigene leuchtende Materie auf, von welcher bisweilen etwas durch unbekannte Oefnungen an den Polen, wo die Rinde am dünnsten sey, ausströme, und das Nordlicht verursache.

3. Ob das Nordlicht einen Einfluß auf den Erdkörper habe, und als ein Zeichen gewisser Vorbedeutungen zu betrachten sey? Es ist von jeher der größte gemeine Haufen der Menschen geneigt gewesen, und selbst in unsern Tagen noch geneigt, ungewöhnliche, besonders feurige Erscheinungen als Vorbedeutungen von Theurung, Kriegen, Sterben, Krankheiten u. d. gl. anzusehen. Dieß bewog besonders Wolfen, die-se

n) Philos. Transact. n. 374.

se Frage etwas genauer zu untersuchen, und zu zeigen, daß keins von beyden statt haben könne. Denn das Nordlicht sey in der That nichts weiter, als ein unvollkommener Bliz, welcher zur gehörigen Vollkommenheit nicht habe kommen können, entweder weil die entzündlichen Dünste durch mangelnde Wärme nicht hinreichend zertheilt und ausgedehnt wären, oder weil es an einer genugsamen Menge derselben fehle, oder auch weil beydes zugleich statt finde. Wolf hielt also wirklich schon die Erscheinung des Nordlichts mit dem Blitze für einerley, nur war dazumal die Identität des Blitzes mit der Elektricität noch nicht bewiesen, indem man glaubte, daß der Bliz ebenfalls aus einer Entzündung von der Erde aufgestiegener entzündlicher Ausdünstungen entstünde. Was aber endlich die vermeinten Vorbedeutungen betreffe, so könnten Naturerscheinungen auf die Schicksale der Menschen gar keinen Einfluß haben.

Achtes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen in der Lehre vom Magnetismus.

Versuche und Beobachtungen.

Die Lehre vom Magnetismus hatte bisher so wenig, wie die von der Elektricität, große Fortschritte gemacht. Nur einige wenige Beobachtungen, welche angeführt zu werden verdienen, hatten der Jesuit Cabeus, Otto von Guericke, Kircher und Boyle angestellt. Sonst waren die Kenntnisse vom Magne-

Magneten durch eine Menge Fabeln verunstaltet. Erst in diesem Zeitraume fieng man an, mit weit grösserer Thätigkeit Versuche über die magnetische Kraft anzustellen, wodurch diese Lehre ein ganz neues Licht erhielt.

Es hatte schon Gassendi folgende Beobachtung gemacht, die auch Kircher anführt, daß ein schwächerer Magnet einem stärkern das Eisen entzieht. Diese Erscheinung war gar nicht zu vermuthen; daher sie auch Rohault o) schwierig nennt, und sie auf folgende Art zu erklären sucht. Man hatte nämlich wahrgenommen, daß nicht in allen Fällen der schwächere Magnet dem stärkern das Eisen wegnimmt, sondern nur in einigen, und eben bey diesen letzten, meint Rohault, könne das Eisen den schwächern Magnet in mehreren Punkten berühren, als den stärkern. Inzwischen hielt es doch in der Folge de la Hire p) der Mühe werth, diese Sache etwas genauer zu untersuchen. Anfänglich bemerkt er, daß, wenn man hievon richtig urtheilen wolle, ein Stück Eisen nicht an den Magnet gehängt werden müsse, weil es in einem solchen Falle schon vermöge seiner Schwere einen Trieb hätte, sich vom Magnet zu trennen, sondern man müsse vielmehr den Magnet in eine solche Lage bringen, daß die gerade Linie durch die beyden Pole völlig horizontal sey; hiernächst müsse man einen dünnen Eisenstab an seinen stärksten Pol so anbringen, daß dessen Länge ebenfalls in horizontaler Richtung sich befände; überdem müsse der Eisenstab auf einer recht glatt polirten Fläche, wie z. B. auf Glas liegen, um leicht

o) Physica. lib. III. cap. VIII.

p) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1717.

leicht darüber hin gleiten zu können. Wenn alsdann an das andere Ende des Eisenstabes der Pol eines schwächern Magnets, welcher dem des stärkern entgegengesetzt ist, gebracht worden, so werde man finden, wenn man den schwächern Magnet auf der ebenen Fläche von dem stärkern entferne, daß der Eisenstab bisweilen von dem stärkern losgerissen werde und am schwächern hangen bleibe, bisweilen aber auch nicht.

Zu diesen seinen Versuchen hatte er einen großen Magnet, der ohngefähr 6 Pfund wog, genommen, welcher so stark war, daß sein Wirkungskreis auf 6 Fuß weit eine Magnetnadel empfindlich machte; allein statt eines kleinen Magneten wählte er einen mit jenem Magneten bestrichenen Eisenstab von 1 Zoll Länge und etwa 3 Linien Dicke, indem er meinte, es könnte vielleicht ein kleiner Magnetstein gleichwol an einigen seiner Theile stärker, als der größere, seyn, da hingegen der magnetische Eisenstab nicht so viel Kraft erhalten könne, als derjenige Magnet besitze, womit er bestrichen sey. Als er nun eine kleine Eisennadel von ohngefähr 1 Linie dick und $1\frac{1}{2}$ Zoll lang an den Pol des großen Magneten gebracht, und an das andere Ende der Nadel den magnetisirten Eisenstab so applicirt hatte, daß die freundschaftlichen Pole zusammenfielen, hiernächst aber das magnetisirte Eisen langsam zurückzog, so folgte demselben die eiserne Nadel und verließ den Magnet. Bey mehrmaliger Wiederholung dieses Versuchs fand beständig der nämliche Erfolg statt. Dabey bemerkt er aber noch, daß sich die eiserne Nadel jederzeit von dem magnetisirten Eisen getrennt habe, wenn dieses vom Magneten ohngefähr 2 oder 3 Zoll entfernt gewesen wäre.

Nach-

Nachher brachte er die freundschaftlichen Pole des Magnets und des magnetisirten Eisenstabes zusammen, und applicirte am andern Pole die dünne eiserne Nadel. In diesem Falle berührte nun die Nadel das magnetisirte Eisen in einem einzigen Punkte, das Eisen den Magnet aber in sehr vielen Punkten; hier fand de la Hire mit einiger Verwunderung, daß gleichwol die dünne Nadel gegen Rohaults Meynung den Eisenstab mit sich nahm und den Magnet verließ. Bey der Wiederholung dieses Versuchs war der Erfolg ebenfalls der nämliche.

Um nach seiner Meynung die wahre Ursache dieser Erscheinung zu entdecken, brachte er den Magnet über Stahlfeile und bemerkte, daß sich gerade an den Polen die meisten Feilspitzen, und zwar in senkrechter Richtung auf die Fläche des Magnets, gegen die Mitte oder den Aequator zu aber immer weniger und in schieferer Richtung anlegten. Daraus folgerte er, daß die magnetische Materie in den Polen im großen Ueberflusse, im Aequator aber die geringste Menge derselben zugegen wäre. Nun schienen es aber mehrere Erfahrungen zu bestätigen, daß die magnetische Materie weit freyer in die Poren des Eisens eindringe, als in die des Magnets selbst, und daß sie sich folglich im Eisen mit äußerster Leichtigkeit bewege. Eben diese Leichtigkeit mache es, daß sie sich im Ueberfluß in der Armatur an den Polen eines armirten Magneten befinde. Wenn also das Eisen an den stärksten Pol eines Magneten gebracht, und an das Eisen ein schwächerer Magnet applicirt werde, so gäben beyde so zu sagen, eine Armatur des ersten Magneten ab, und zwar so lange, als sie sich im Wirkungskreise desselben befänden; daher sey es kein Wun-

der, daß der schwächere Magnet gleichsam durch eine fremde Kraft das Eisen dem stärkern Magnet entziehe. Wenn hingegen der schwächere Magnet von dem stärkern so weit entfernt sey, daß er außerhalb des Wirkungskreises sich befinde, so werde nun seine magnetische Kraft von der des Eisens überwunden, und sey daher unfähig, dasselbe zu halten. — Man sieht sehr wohl, daß diese Erklärung des de la Hire auf der irrigen Vorstellung beruht, daß die magnetische Materie bey der Berührung in das Eisen übergehe, welches aber keinesweges statt findet.

Weit richtiger urtheilte von dieser Erscheinung Wolf[q]). Um die hiebey nöthigen Umstände genauer zu erwägen, nahm er eine Nadel, hieng diese mit ihrer sehr feinen Spitze an einen starken Magneten, und hielt den mit ihm freundschaftlichen Pol eines weit schwächern gegen das Oehr der Nadel; sobald die Nadel mit ihrem Oehre den Pol des schwächern erreichen und nur berühren konnte, so gieng sie von dem stärkern Magneten ab, und hieng sich an den schwächern. Wenn er aber dieselbe Nadel mit dem Oehre an den Pol des stärkern hieng, und den mit ihm freundschaftlichen Pol des schwächern an die Spitze hielt, so hat er keinesweges bewirken können, daß sich die Nadel von dem stärkern losgerissen und an den schwächern gehangen hätte. Es sey zwar, sagt er, die Nadel zu den schwächern Magneten herüber gekommen, und habe, wenn sie denselben nicht erreichen können, gezittert; allein wenn sie ihn auch erreicht, auch ein ganzer Theil der Nadel denselben berührt hätte, so habe sie doch den starken nicht verlassen.

Nach-

q) Nützliche Versuche. Th. III. Cap. IV. §. 48.

Nachher hat er die Nadel mit dem Oehre an den Pol des schwachen Magneten gehangen, und gegen die Spitze den mit ihm freundschaftlichen Pol des stärkern gehalten; allein dieser hat sie jenem so wenig wegnehmen können, als der schwache sie ihm wegzunehmen vermochte. Wenn aber die Spitze der Nadel an dem schwachen Magneten hieng, alsdann erst konnte sie ihm der stärkere wegnehmen. Wolfs Erklärung ist nun diese: der Magnet, sagt er, zieht nicht mit seiner ganzen Stärke, und der stärkere zieht nicht mit mehrerer Kraft, als der schwächere. Wenn demnach die Nadel mit dem einen Ende an dem einen Magneten hange, das andere Ende aber von dem andern angezogen werde, so ziehe sie ein Magnet so stark als der andere, wenn nicht sonst ein Hinderniß dazu komme. Mit der Spitze berühre die Nadel den Magneten weniger, als mit dem Oehre, und demnach könne sie der Magnet bey der Spitze nicht so stark anziehen, als bey dem Oehre, folglich müsse die Kraft des einen Magneten von der andern überwunden werden, es möge der schwächere oder der stärkere seyn, der sie bey dem Oehre ergreife. Dieß habe er noch ferner dadurch bestätigt. Er habe eine Nähnadel mitten zerbrochen, wo sie dick war, und so wohl mit dem Oehre, als mit dem runden breiten Theile bald an den starken, bald an den schwachen Magneten gehangen. Wenn sie, sagt er, mit dem Oehre an den einen Magneten hieng, konnte sie der andere leicht wegnehmen; allein wenn sie mit dem breitern Theile an den einen Magneten fest hieng, so konnte sie der andere beym Oehre nicht wegziehen, ausgenommen, wenn der breite Theil von der einen Seite in die Höhe gebogen wurde oder von dem Magnet abkam, und ihn weniger berührte, als das Oehr den andern Magneten. Endlich aber suchte er

 angen

augenscheinlich zu zeigen, daß ein Magnet, er mag schwach oder stark seyn, ein Eisen, das ihm nicht zu schwer ist, so stark zieht, als der andere. So hieng er einen Schlüssel der Länge nach an beyde Pole des einen Magneten, und ließ ihn von der andern Seite an die Pole des andern anziehen; allein keiner hat dem andern den Schlüssel weggezogen, auch wenn er die Magnete ein wenig zurück zog, als wenn er sie von einander reissen wollte, und von beyden das Anziehen fühlte. Wenn er aber zu stark riß, und zwar von der einen Seite wie von der andern, so fiel der Schlüssel zwischen den Magneten herunter, und blieb an keinem hangen. Hieraus ersieht man, sagt er, daß es nur zufälliger Weise geschieht, wenn ein Magnet dem andern etwas wegnimmt, was er an sich gezogen hat.

Es wollte ferner Hartsöker [r]) wahrgenommen haben, daß ein Magnet in einer verdünnten Luft oder beym niedrigern Barometerstande mehr Eisen tragen könne, als in einer dichtern Luft. Allein Hartsökers Beobachtung beruht ohne Zweifel auf fehlerhaften Anwendungen; denn schon Boyle hatte vor ihm ganz richtig gezeigt, daß der Magnet im verdünnten und im luftleeren Raume nicht mehr und weniger Eisen tragen könne, als im verdichteten; und diese Beobachtung ist nachher von allen Physikern bestätigt worden.

Auch behauptete Sturm [s]) noch eine vormalige Meynung, welche schon Boyle widerlegt hatte, daß die Wirkungen des Magneten von der elastischen Luft abhangen, und daß ihre Schwere den einen Magnet an den andern oder an das Eisen drucke. Diese irri-

ge

r) L'éclairciſſem. ſur les conjectures phyſ.

s) Phyſ. hypothet. T. II. p. 1108. 1109. §. 2. 3. 4.

ge Vorstellung widerlegte noch mehr Wolf [t]) durch folgende Versuche. Er hieng an einen Arm, den er unter einem Wirbelrecipienten an den Wirbel befestigt hatte, eine Magnetnadel mit einem Faden auf, und pumpte die Luft heraus; hierauf hielt er den einen Pol eines Magneten von außen an den Recipienten, sogleich drehte sich die Nadel, und legte sich an das Glas, wo der Pol dasselbe berührte, fiel auch nicht eher wieder zurück, bis der Magnet weggenommen ward. Ja wenn er mit dem Magneten an dem Glase herumfuhr, so folgte ihm auch die Nadel so lange, als es der Faden zulassen wollte. Ferner brachte er einen Compaß unter die Glocke auf den Teller der Luftpumpe, und zog die Luft heraus, wobey er das Glas auf dem Compasse so weit geöfnet hatte, daß die eingeschlossene Luft herauskommen konnte. Wenn er alsdann den Magnet unter den Teller der Luftpumpe brachte, so konnte er die Magnetnadel nach Belieben wie in der freyen atmosphärischen Luft bewegen.

Bisher hatte noch kein einziger daran gedacht, nach welchem Gesetze die magnetische Kraft in verschiedenen Entfernungen wirke. Der erste, der hierauf aufmerksam wurde, war Hawksbee [u]). Um also vielleicht ein allgemeines Gesetz aufzufinden, stellte er verschiedene Versuche an. Hiezu gebrauchte er einen Quadranten, der im Halbmesser 4 Fuß hatte, und in dessen Mittelpunkt eine feine Nadel sich behende drehen ließ. Dieser Quadrant ward auf einen ebnen Boden gestellt, und auf dieser Stelle zeigte die frey gelassene Nadel gerade auf 0 Grad. Hierauf legte er den Magnet auf ein Bretchen so, daß sein Pol in die-

t) Nützliche Versuche. Th. III. Cap. IV. §. 45.
u) Philos. Transact. n. 335.

dieselbe Ebene mit dem Quadranten und der Nadel fiel; überdem konnte er neben dem Quadranten von einem Grade zum andern und aus einer Entfernung in die andere bewegt werden. Der Magnet hatte eine irregulaire Gestalt, und wog ohngefähr 6 Pfund. Bey den Versuchen gebrauchte er zwey Nadeln am Quadranten, wovon die eine 3 Zoll, und die andere 6 Zoll lang war; die kürzere fand er aber jederzeit besser. Die Resultate, die er fand, brachte er in folgende Tabelle:

Versuche mit der kürzern Nadel.

Entfernung der Nadel vom Magnet in Zollen	Winkel der Nadel bey jeder Entfernung	Unterschied der Winkel in Minuten
3 Zoll	87 Grad 0 Min.	180
6 -	84 - 0 -	330
9 -	78 - 30 -	570
12 -	69 - 0 -	735
15 -	56 - 45 -	795
18 -	43 - 30 -	630
21 -	33 - 0 -	540
24 -	24 - 0 -	360
27 -	18 - 0 -	270
30 -	13 - 30 -	150
33 -	11 - 0 -	135
36 -	8 - 45 -	105
39 -	7 - 0 -	90
42 -	5 - 30 -	60
45 -	4 - 30 -	40
48 -	3 - 50 -	30
51 -	3 - 20 -	20
54 -	3 - 0 -	15
57 -	2 - 45 -	5
60 -	2 - 30 -	0

Bey

Versuche mit der längern Nadel.

Entfernung der Nadel vom Magnet in Zollen	Winkel der Nadel bey jeder Entfernung	Unterschied der Winkel in Minuten
9 Zoll	87 Grad 30 Min.	345
12 -	81 - 45 -	570
15 -	72 - 15 -	1137
18 -	53 - 20 -	1100
21 -	35 - 0 -	660
24 -	24 - 10 -	380
27 -	17 - 50 -	280
30 -	13 - 10 -	180
33 -	10 - 10 -	130
36 -	8 - 0 -	90
39 -	6 - 30 -	75
42 -	5 - 10 -	65
45 -	4 - 10 -	40
48 -	3 - 30 -	30
51 -	3 - 0 -	25
54 -	2 - 35 -	20
57 -	2 - 15 -	15
60 -	2 - 0 -	0

Diesen Erfahrungen gemäß bewirkte die längere Nadel in der Entfernung von 9 Zollen einen größern Winkel, als die kürzere Nadel in der Entfernung von 3 Zollen, und die kürzere Nadel machte in der Entfernung von 9 Zollen einen 9 Grad kleinern Winkel, als die längere in derselben Entfernung. Diese sonderbar scheinende Verschiedenheit rührt von dem ungleichen Verhältnisse der Längen der Nadeln her; denn die Spitze der längern Nadel in der Entfernung von 9 Zoll war dem Magneten um 1 Zoll näher, als die Spitze der kürzern Nadel, und die Spitze der kürzern Nadel

Nadel in der Entfernung von 9 Zoll vom Magneten war um 5 Zoll weiter entfernt, als die Spitze der größern Nadel, wenn der Magnet in demselben Grade des Quadranten war. Außerdem ist noch zu merken, daß der Magnet in einer Entfernung von 5 Fuß von der Nadel einen Winkel von 2 Grad mit der einen Nadel, und von 2½ Grad mit der andern Nadel machte; in größern Entfernungen aber war gar keine Veränderung mehr an der Nadel zu sehen, so daß sich also die magnetische Kraft bis auf 5 Fuß erstreckte, wobey sich noch ein Verhältniß bestimmen ließ; in größern Entfernungen war die magnetische Kraft so schwach, daß nichts bestimmtes weiter gefolgert werden konnte.

Da aber bey diesen Versuchen die Entfernungen des Magnets von der Nadel nicht genau genug zu beobachten waren, so gab die Societät zu London dem **Brook Taylor** x) den Auftrag, Versuche über die magnetische Kraft auf eine andere und richtigere Art anzustellen. Dieser gebrauchte zu seinen Versuchen den stärksten Magnet, den die Gesellschaft besaß. Er brachte den Magnet gegen den Quadranten in eine solche Lage, daß seine Axe im Horizonte sich befand; alsdann ruckte er ihn von der Nadel oder führte ihn gegen selbige hin in derjenigen geraden Linie, welche mit der natürlichen Richtung der Nadel einen rechten Winkel machte; die Entfernungen, die er maas, waren die geraden Linien zwischen dem Mittelpunkte des Quadranten und dem Magneten. Auf diese Art fand er folgende Resultate:

Ent-

x) Philosoph. Transact. n. 344.

Entfernung in Fuße.	Veränderung der Nadel.	
1 Fuß	81 Grad	45 Minut.
2 —	58 —	0 —
3 —	30 —	0 —
4 —	16 —	0 —
5 —	9 —	20 —
6 —	5 —	35 —
7 —	3 —	30 —
8 —	2 —	20 —
9 —	1 —	35 —

Aus diesen Versuchen schloß Taylor, daß die magnetische Kraft in keinem beständigen Verhältnisse mit den Entfernungen stehe, sondern daß sie in größern Entfernungen in einem weit größern Verhältnisse abnehme, als in geringern. Doch fügt er noch hinzu, daß diese Kraft in einer Distanz von $2\frac{1}{2}$ Zoll noch nicht merklich von dem Verhältnisse des Quadrats der Entfernung abweiche, hingegen in einer Weite von 10 Zollen in einem noch größern Verhältnisse, als das des Würfels der Entfernung verändert werde.

Whiston bemerkte aber, daß Taylor bey diesen Versuchen die ähnliche Lage derjenigen Linie, in welcher der Magnet gegen die Nadel gebracht ward, nicht beobachtet habe, welches doch, um sichere Schlüsse daraus zu ziehen, nothwendig gewesen wäre. Whiston stellte daher von neuem andre Versuche an, wobey er sich eines Magnets und ein Paar eiserner magnetisirter Nadeln bediente. Die beyden Nadeln spielten auf einer Spitze, wie die gewöhnlichen Magnetnadeln, die eine war $4\frac{1}{2}$ Zoll, und die andere 4 Fuß lang; der Magnet hingegen hatte eine sphärische Gestalt im Durchmesser 2,8 Zoll. Den Südpol des

des Magneten brachte er gegen die nördlichen Spitzen der Nadeln, indem er nämlich den Magnet gegen die Nadeln so bewegte, daß diese mit der Linie durch beyde Pole des Magneten einen rechten Winkel machten; hierauf maas er die Sehnen der Bogen, in welchen die Nadel von ihrer natürlichen Richtung abwich, und nahm ihre Längen für diejenigen Größen, welche die anziehenden Kräfte ausdrucken sollten. Statt der Sehnen setzte er die Sinus der Bogen, weil diese die Hälften derselben sind, und brachte seine Beobachtungen in folgende Tabelle:

Entfernung in Zollen		Grade der Abweichung		Sinus der Hälften der Bogen
3 Zoll		0	—	0
6	—	0	—	0
$6\frac{1}{2}$	—	90	—	7071
9	—	27	—	2334
12	—	13	—	1132
15	—	$9\frac{1}{4}$	—	848
18	—	$6\frac{1}{4}$	—	588
21	—	$4\frac{1}{2}$	—	392
24	—	3	—	262
27	—	2	—	174
30	—	$1\frac{1}{6}$	—	160
33	—	$1\frac{1}{2}$	—	131
36	—	$1\frac{1}{4}$	—	109
39	—	$\frac{5}{6}$	—	73
42	—	$\frac{3}{4}$	—	65
45	—	$\frac{1}{3}$	—	58
48	—	$\frac{1}{3}$	—	44

Whiston glaubte hieraus einiger Maaßen schließen zu dürfen, daß sich die Anziehung des Magnets wie

wie das Quadrat der $1\frac{1}{2}$ Abstände verhalte. Allein wenn man die Angaben gehörig mit einander vergleicht, so weichen doch die daraus gefundenen Bestimmungen gar zu beträchtlich von Whiston's Regel ab, und es ließe sich vielmehr aus seinen Versuchen behaupten, daß sich die magnetische Kraft nach gar keinem bestimmten Gesetze richte. So würden sich z. B. die Wirkungen der magnetischen Kräfte in den Entfernungen von 9 und 18 Zollen zu einander verhalten wie $2334:588 = 3\frac{285}{294}:1$, beynahe wie $4:1$, oder verkehrt, wie das Quadrat der Entfernungen; eben so würden auch diese Kräfte bey den Entfernungen von 12 und 24 Zollen sich wie $1132:262 = 4\frac{42}{131}:1$, also beynahe wiederum verkehrt wie das Quadrat der Entfernungen verhalten; allein bey den Entfernungen von 15 und 30 Zollen müssen sie sich wie $848:131 = 6\frac{62}{131}:1$, und bey den Distanzen von 18 und $36 = 588:109 = 5\frac{43}{109}:1$; und endlich bey den Weiten von 21 und 42 Zollen $= 392:65 = 6\frac{2}{65}:1$ verhalten.

Musschenbroek y) hat aber bemerkt, daß Whiston's Methode, die magnetischen Kräfte zu bestimmen, nicht fehlerfrey sey. Denn er sagt, der Magnet sowol als die magnetisirte Nadel wirke mit zwey verschiedenen Kräften, nämlich mit einer anziehenden, und mit einer andern, welche gegen gewisse Pole der Erde gerichtet ist; die Nadel übe aber die letztere Kraft bey Whiston's Versuchen wirklich aus. Wenn daher der Magnet der Nadel in verschiedenen Entfernungen entgegen gebracht werde, so wirke die anziehende Kraft des Magneten bloß auf die nach der natürlichen Richtung gehende Kraft der Nadel, bis bey-

y) Diss. de magnete. Cap. II. exper. XXII.

beyde im Gleichgewichte sich befinden; mithin werde auf solche Art nicht die Größe der gegenseitigen anziehenden Kräfte der Nadel und des Magnets, sondern etwas ganz andres gefunden.

Newton z) bemerkt, daß die Kraft der Schwere ganz verschieden von der magnetischen Kraft sey; denn die magnetische Anziehung verhalte sich nicht wie die anziehende Materie. Einige Körper würden mehr, andere weniger, und die meisten gar nicht angezogen. Auch könne die magnetische Kraft in ein und demselben Körper vermehrt und vermindert werden, und sie sey nach der Größe der Materie bisweilen viel größer als die Kraft der Schwere, in der Entfernung vom Magnete aber nehme sie nicht im Verhältnisse des Quadrats der Entfernung, sondern beynahe im Verhältnisse des Würfels ab, so wie er aus gewissen ohngefähren Beobachtungen (crassis observationibus) habe schließen können. Da nun Musschenbroek den Wunsch geäußert hatte, daß Newton die Versuche, woraus er obiges geschlossen, aufgezeichnet haben möchte, so entschlossen sich Newton's Commentatoren, die PP. Jacquier und le Sieur, eigene Versuche anzustellen, um die Stärke der Anziehung des Magnets außer allem Zweifel zu setzen. Sie glaubten aus ihren genauesten Beobachtungen, wie sie sie nennen, wirklich gefunden zu haben, daß sich die Verminderung der Anziehung des Magneten genau wie die Würfel des Abstandes verhalte. Sie gebrauchten zu ihren Versuchen einen Magnet und eine Magnetnadel, und ihr Verfahren war folgendes:

Es sey (fig. 43.) ACB der magnetische Meridian, NCS die Magnetnadel, welche durch die anzie-

z) Principia, Lib. III. prop. VI. corollar. 5.

ziehende Kraft des Magneten aus dem magnetischen Meridian gebracht worden, und CM sey eine durch die Mittelpunkte der Nadel und des Magnets gezogene und auf den magnetischen Meridian senkrechte gerade Linie. Die magnetische Kraft der Erde sucht nun die Nadel aus der Lage SCN in die natürliche BCA zurückzuziehen; da sie aber nach einer schiefen Richtung wirkt, so zerlegt sie sich in zwey Seitenkräfte, wovon die eine auf SCN senkrecht, und die andere damit parallel ist. Wenn also in irgend einem Punkte c die Linie ac die ganze magnetische Kraft vorstellt, so wird an diejenige Kraft ausdrucken, welche auf die Drehung der Nadel gewendet wird; demnach verhält sich diese Kraft zu der ganzen magnetischen Kraft an dieser Stelle c wie der Sinus des Winkels acn (der Abweichung der Nadel vom magnetischen Meridian) zum Sinus totus. Es kann vorausgesetzt werden, daß in allen Punkten CN eine gleiche Kraft ausgeübt werde; aber in dem Theile CS wirkt die Kraft repellirend; daher vereinigt sie sich mit der Kraft, welche auf die Umdrehung des Theils CN verwendet wird, und verdoppelt diese. Nun ist aber bekannt, daß, wenn gleiche Kräfte in allen Punkten des Theils CN gleich und senkrecht wirken, um diese Linie zu drehen, die gesammte Wirkung aller dieser Kräfte dieselbe seyn wird, wenn die Summe der Kräfte in einem Punkte P senkrecht wirkt, welcher von dem Mittelpunkte C um zwey Drittheil der Nadel CN entfernt ist; mithin läßt sich annehmen, als wenn die ganze magnetische Kraft in dem Punkte P vereinigt wäre, um den Theil CN der Nadel zu drehen; auf eben die Art wird man sich vorstellen können, daß in dem Punkte p die gesammte repellirende Kraft der Magnetnadel beysammen wäre, um den Theil CS zu drehen. Da nun CN = CS,

mithin auch CP = Cp, so läßt sich annehmen, daß alle Kraft zusammen, die anziehende und zurückstoßende, in dem einzigen Punkte P befindlich wäre.

Wenn der Magnet M unendlich weit von der Nadel entfernt wäre, so würde es sich durch ähnliche Schlüsse erweisen lassen, daß die ganze magnetische Kraft, womit der Magnet die Nadel dreht, in dem Punkte P beysammen wäre, und daß durch Zerlegung der Kräfte diejenige Kraft, welche die Nadel dreht, zu der ganzen Kraft des Magneten M sich verhalten müsse, wie der Sinus des Winkels NCM (der Abweichung der Nadel vom Magneten) zu dem Sinus totus.

In dem Falle nun, da die Nadel ruht, ist die magnetische Kraft der Erde gleich der magnetischen Kraft des Magneten M, wenn die Nadel in der Lage SCN im Gleichgewichte bleibt. Da also die ganze magnetische Kraft der Erde sich zu demjenigen Theile derselben, welcher die Nadel herumzudrehen strebt, wie der Sinus totus zum Sinus der Abweichung der Nadel vom magnetischen Meridian verhält; und ferner die Kraft des Magnets M, welche die Nadel zu drehen strebt, zur ganzen Kraft desselben wie der Sinus der Abweichung der Magnetnadel von dem Magneten zum Sinus totus ist, so folgt (perturbate et ex aequo), daß sich die ganze magnetische Kraft der Erde zur gesammten Kraft des Magneten M, wie der Sinus der Abweichung der Nadel von dem Magneten zum Sinus der Abweichung vom magnetischen Meridiane verhalten müsse. Wenn also der nämliche Magnet M in eine andere Entfernung von der Nadel, z. B. in X, gebracht wird, so daß er die Nadel in eine andere Lage bringt, so wird man ebenfalls finden, daß sich die gesammte Kraft des Magneten X zur ganzen

magne-

magnetischen Kraft der Erde, wie der Sinus der Abweichung der Nadel von dem magnetischen Meridiane, wie der Sinus der Abweichung vom Magneten X verhalte. Hieraus ergiebt sich also durch die Zusammensetzung der Verhältnisse, daß das Verhältniß der Kraft des Magneten in X zu der in M, dem Verhältnisse des Sinus der Abweichung der Nadel vom magnetischen Meridiane, wenn der Magnet in X ist, dividirt durch den Sinus der Abweichung der Nadel von dem Magneten in X, zu dem Sinus der Abweichung der Nadel vom magnetischen Meridiane, wenn der Magnet in M ist, dividirt durch die Abweichung der Nadel vom Magneten in M, gleich sey, d. h. die Kraft des Magneten in verschiedenen Entfernungen verhält sich wie der Sinus der Abweichung der Nadel vom magnetischen Meridian dividirt durch den Sinus der Abweichung derselben vom Magneten.

Wenn indessen, sagen die Commentatoren, der Magnet der Nadel so nahe wäre, daß man seine Entfernung von den verschiedenen Punkten der Nadel als verschieden betrachten könne, und folglich seine Kraft auf nähere Punkte stärker, als auf entferntere, und zugleich auf die verschiedenen Punkte der Nadel mit verschiedener schiefen Richtung wirke, so würde dadurch der Mittelpunkt der gesammten magnetischen Kraft der Spitze N näher rucken; allein wegen der gewöhnlichen pfeilförmigen Gestalt der Magnetnadel sey sie gegen P zu etwas breiter, und man könne daher den Mittelpunkt der Umdrehung der Nadel in dem Punkte P unverändert annehmen, wofern nur der Magnet nicht in einer zu großen Nähe der Nadel sich befände. Diesem zufolge werden also die Entfernung des Magneten von der Nadel und der Abweichungswinkel der Nadel vom Magneten durch die gerade Linie

raum eines Brennspiegels gebracht, und darin nicht bis zum Verglasen liegen gelassen ward. Wurde aber ein solcher Magnet, der durch das Feuer oder durch die Sonnenhitze seine Kraft verloren hatte, zu Pulver gestoßen, so ward es von einem magnetisirten Eisenbleche eben so gut, wie Eisenfeile, oder auch wie anderes magnetisches Pulver angezogen.

Außerdem wollte auch Derham [b]) gefunden haben, daß die Abwechselungen der Witterung auf die magnetische Kraft einen Einfluß hätten. Denn er hatte wahrgenommen, daß sich an das Eisen, welches der große Magnet der königlichen Societät hielt, anderes Eisen bisweilen auf eine Entfernung von 8, 9 ja 10 Fuß anhieng, bisweilen aber konnte es letzteres nicht bis auf eine Entfernung von 3 oder 4 Fuß erhalten.

Ferner muthmaßte Rohault [c]), daß die Kraft des Magneten durch den Rost verloren gehe. Ueberdem meint er auch, daß die magnetische Kraft des Magneten durch Berührung selbst der reinsten Luft, die zur Erzeugung des Rostes nicht geschickt sey, geschwächt werde. Er schließt dieß daher, weil er gesehen habe, daß ein dreyzehn Unzen schwerer Magnet, der kaum eine Unze Eisen tragen konnte, deren $2\frac{1}{2}$ Unzen trug, nachdem man seinen äußern Umfang so weit verringert hatte, daß er nur noch 5 Unzen wog.

Um zu sehen, durch welche Substanzen die Kraft des Magneten eine Veränderung erleiden möchte, brachte D. Hooke [d]) eine Menge derselben zwischen einen Magnetstein und einen sehr leicht aufgehängten stäh-

ler-

b) Philosoph. Transact. nu. 303.

c) Physica. lib. III. cap. VIII. §. 64.

d) *Birck's* history.

lernen Stab. Die magnetische Kraft ward aber dadurch nicht geändert, bloß ein Messer schwächte sie; dagegen ward sie durch ein kleines Stück Eisen vermehrt. Daraus schloß D. Hooke, daß die Kraft des Magneten zunehme, wenn sie in Thätigkeit gesetzt werde. Als er den Südpol eines Magnetsteins mit einem Stücke Zinn bedeckte, so daß zwischen beyden sich Papier befand, so trug dieser ein kleines Stückchen Stahl und außerdem 1 Unze und $6\frac{1}{2}$ Quentchen; ohne Papier das Stückchen Stahl und 7 Unzen 1 Quentchen; und ohne Zinn das Stahlstückchen nebst 4 Unzen 15 Gran.

Sturm [e]) bestätigte Hooke's Meynung über die Verstärkung der magnetischen Kraft; denn als er alle Tage etwas Eisen zu dem Gewichte hinzusetzte, brachte er es endlich dahin, daß der Magnet noch einmal so viel, als anfänglich, tragen konnte.

Im Jahre 1691 entdeckte Vallemont [f]) einen ursprünglichen Magnetismus in der Spitze des Kirchthurms zu Chartres. Es hatte nämlich diesen Thurm im Jahre 1690 ein Gewitter so beschädigt, daß er abgetragen werden mußte. Hier fand sich nun in der Spitze des Thurms um das Eisen, welches zur Verbindung der Steine gedient hatte, eine dichte rostartige Masse, deren innerer zwischen den Steinen verborgen gelegener Theil die Natur des besten Magnets hatte, wie Cassegrain zuerst wahrgenommen haben soll. Da diese Veränderung des Eisens in einen Magnet-

e) Colleg. experiment. curios.

f) Description de l'aimant, qui s'est formé à la pointe du clocher neuf de Notre Dame de Chartres. à Paris. 1692. 12.

Magnetstein außerhalb dem Schooße der Erde etwas sonderbares war, so wurden einige Proben von dieser Masse an die Pariser Akademie zur weitern Untersuchung geschickt. Aber auch Vallemont unterwarf diese Materie einer genauern Prüfung, und fand, daß sie alle Eigenschaften eines Magnetsteins hatte. Ueber die Bildung dieses Magnets hatte Vallemont mit de la Hire, dem die Untersuchung darüber von der Akademie aufgetragen worden war, beynahe gleiche Gedanken. Bey dieser Gelegenheit wurde auch bemerkt, daß diese Sache nichts neues sey, indem schon im Jahre 1634 Gassendi am untern Theile eines Stück Eisens, das auf der Spitze eines Thurmes zu Aix in Provence, den der Blitz beschädigt hatte, in Stein eingelassen war, ein ähnliche magnetische Substanz, so wie auch Philipp Costa zu Mantua dergleichen gefunden habe.

Auch bestätigte Rohault eine schon von Gilbert und Boyle gemachte Beobachtung, daß nämlich ein langer und dünner Stahlstab in sehr kurzer Zeit dadurch magnetisch werden könne, wenn man ihn glühend in senkrechter Richtung in Wasser abkühle. Damit man aber nicht glaube, als ob der Stab nicht wegen der vertikalen Richtung, sondern vielmehr erst in der Tiefe des Wassers die magnetische Kraft erhalte, so nahm er einen andern dergleichen Stahlstab, machte ihn glühend, und hielt ihn mittelst einer Zange in vertikaler Richtung; alsdann kühlte er ihn durch Uebergießen mit Wasser ab, so daß das obere Ende zuerst erkaltete; auf diese Weise ward er eben so, wie im ersten Fall, magnetisirt.

Diese Beobachtung schien aber durch Reaumür [g]) wieder zweifelhaft zu werden. Dieser führt näm-

g) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1723.

nämlich an, daß er den Versuch mit stählernen Stäben sehr oft gerade so, wie Rohault vorgeschrieben, nachgemacht, aber auf solche Art nicht den geringsten Magnetismus wahrgenommen habe. Es ist also die Frage, welche Beobachtung die richtige sey? Ohne Zweifel ist so wohl die eine, als auch die andere wahr, wie schon aus der Erfahrung, die ein gewisser anonymer Gelehrter im Jahre 1694 in den philos. Transactionen (nr. 214) als einen Zusatz zu Gilberts Beobachtung mitgetheilt hat, erhellet: dieser fand nämlich, daß in sehr kurzen Stahlstäbchen auf die angezeigte Art kein Magnetismus hervorgebracht werden könne. Ein runder Eisenstab von 10 Zoll Länge und $\frac{1}{5}$ Zoll Dicke ward nicht magnetisch; hatte er hingegen eine Länge von 30 Zollen bey der nämlichen Dicke, so war er des Magnetismus fähig. Eben so erhielt ein runder Stab von 30 Zollen Länge und 1 Zoll Dicke keine Polarität. Endlich fügt er noch hinzu, daß es wohl keinen noch so kurzen Eisenstab gebe, der nicht auf diese Weise zur Erlangung einer magnetischen Kraft fähig seyn sollte, wenn er nur gehörig dünn gemacht werde; die erforderliche Gränze der Länge bey einer gegebenen Dicke wachse aber mehr, als man sich vorstellen könne. Diese Erfahrung zeigte also wirklich, daß unter gewissen Umständen glühendes Eisen durchs Abkühlen Polarität, unter andern Umständen aber keine dergleichen erhalten könne. Reaumür's Beobachtung ward also ebenfalls schon bestätigt, noch ehe er seine Versuche angestellt hatte.

Bisher hatte man allgemein behauptet, daß alles Eisen, welches über den Pol eines Magneten geführt werde, durch Mittheilung eine magnetische Kraft erhal-

erhalte. Allein de la Hire schien diese Wahrheit durch einen Versuch, den er im Jahre 1692 beschrieb[h]), etwas zweifelhaft zu machen. Als er nämlich einen eisernen 6 Zoll langen und 4 Zoll dicken eisernen Stab über einen starken Magnet einige mal geführt hatte, so fand er, daß ihm dadurch auch nicht die geringste magnetische Kraft mitgetheilt war; dünne Eisenstäbe wurden auf diese Weise mehrentheils magnetisch. Es schien also, als ob das Eisen eine gewisse Dicke besitzen müsse, wenn es durchs Streichen über den Pol des Magneten eine magnetische Kraft erhalten soll. Musschenbroek[i]) glaubte daher, daß es der Mühe werth sey, näher zu untersuchen, auf welche Art dem Eisen die magnetische Kraft mitgetheilt werde. Zu dem Ende nahm er einen parallelepipedischen Eisenstab, 6 Zoll lang, und 1 Zoll breit und hoch; diesen strich er der Länge nach einige mal über den Pol eines starken armirten Magneten, und fand, daß die äußersten Grenzen dieser gestrichenen Fläche eine ganz geringe Spur von magnetischer Kraft zeigten. Hierauf versuchte er, ob es nicht möglich wäre, ihm eine größere magnetische Kraft durch denselben Magnet zu ertheilen, und ließ ihn einen ganzen Tag am Pole des Magneten hangen; allein die Größe der Kraft schien dadurch auch nicht um das geringste zugenommen zu haben, so wie sie auch weiter nicht vergrößert wurde, wenn auch der Eisenstab zu wiederholten malen auf dem Pole des Magneten gestrichen wurde.

Hiernächst bereitete er drey cylindrische Eisenstäbe zu, jeder von 4 Zoll und 1 Linie Länge, bey welchen das eine Ende in einen ebenen Kreis, das andre aber in

h) Histoire de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1692.
i) Diss. de magnete. exper. XXXI.

in eine konische Spitze sich endigte; die Höhen aller dieser Kegel betrugen $\frac{2}{10}$ eines Zolles. Der Diameter des stärksten Stabes war $\frac{50}{100}$ eines Zolles. Dieser Stab ward nach der ganzen Länge einige mal über den Pol des Magneten hinweggeführt, und nachher in einer auf den Horizont senkrechten Richtung so aufgehangen, daß die kreisrunde Grundfläche gegen die Erde gekehrt war; hierauf ward gegen diese Grundfläche eine frisch ausgearbeitete stählerne Nadel von dem möglichst größten Gewichte, als der eiserne Stab tragen konnte, gebracht, und man fand, daß er kaum eine Nadel von einem einzigen Grangewicht halten konnte. Nachher ward der eiserne Stab umgekehrt, so daß die konische Spitze gegen die Erde wies, und diese konnte eine stählerne Nadel halten, deren größtes Gewicht $1\frac{0}{10}$ Gran betrug.

Der andere eiserne Stab war $\frac{36}{100}$ eines Zolles dick. Er ward ebenfalls der Länge nach über den Pol des nämlichen Magneten einige mal hinweggeführt, und nachher konnte er an der kreisrunden Fläche auch nur eine Nadel von 1 Gran Gewicht halten, welche aber in allen Punkten dieser Fläche hangen blieb; dagegen war bey der Umkehrung des Stabes die konische Spitze vermögend, mehrere Stahlnadeln zu halten, welche zusammen am Gewichte $7\frac{1}{2}$ Gran ausmachten.

Der dritte eiserne Stab endlich hatte im Durchmesser der Dicke $\frac{22}{100}$ eines Zolles, von dessen kreisrunder Grundfläche ebenfalls nur eine stählerne Nadel von 1 Gran Gewicht gehalten werden konnte; die konische Spitze aber hielt mehrere Nadeln, die zusammen 8 Gran wogen.

Aus diesen Versuchen schloß nun Musschenbroek, daß das Eisen eine desto geringere magnetische

Kraft

Kraft durch Mittheilung eines Magneten erhalten könne, je größer seine Dicke sey. Ob aber auch ein eiserner Stab desto stärker durch Mittheilung magnetisirt werden könne, je dünner er bey gleicher Länge sey, ward von Musschenbroek ebenfalls untersucht. Der Erfolg blieb aber dieser, daß das Eisen eine bestimmte Stärke erfordere, wenn es durch Mittheilung die größt möglichste magnetische Kraft erhalten soll. Ein cylindrischer Eisenstab $\frac{12}{100}$ eines Zolles dick und eben so lang wie die vorigen vermochte nicht mehr als 4 Gran an der konischen Spitze zu halten; noch dünnere Eisenstäbe über denselben Pol des Magneten gestrichen konnten noch weniger Gewicht halten; daher giebt es eine gewisse Dicke des Eisens, welche von dem Pole eines gewissen Magneten die stärkste Kraft durch Mittheilung erhält, stärkere und dünnere Eisenstäbe werden von demselben Pole des Magneten allemal schwächer magnetisirt.

Aus diesen Versuchen, meinte Musschenbroek, erhelle es, daß die Spitze des in dem Kegel auslaufenden Endes der cylindrischen Eisenstäbe die magnetische Kraft in sich zu verdichten und zu sammlen schien. Er hatte die cylindrischen Eisenstäbe vorzüglich deßwegen auf eben beschriebene Art zubereitet, um vielleicht zu entdecken, ob es nicht zwischen der Dicke, der Länge, und der durch den Magnet denselben mitgetheilten Kraft ein beständiges Verhältniß gebe; allein diese Versuche leisteten ihm hierin kein Genüge, indem er in Ungewißheit war, ob nicht durch andere Hülfsmittel weit mehr Eisen an die Spitzen der Kegel gebracht werden könnte.

Hierauf untersuchte nun auch Musschenbroek, was für ein Unterschied in Ansehung der Mittheilung

des Magnetismus statt finde, wenn das Eisen eine andere Gestalt, als die cylindrische besitze. Zu dem Ende gebrauchte er nunmehr zu den folgenden Versuchen parallelepipedische Eisenstäbe insgesammt von 4 Zollen Länge.

Die Breite des ersten Stabes war $\frac{43}{100}$, und die Höhe $\frac{18}{100}$ eines Zolles. Nachdem er nun diesen mit der breiten Fläche längst des Stabes den Pol eines Magneten langsam und einige mal gestrichen hatte, so fand er die anziehende Kraft in ihm so groß, daß an der äußersten Grundfläche ein Gewicht von 25 Gran gehalten werden konnte. Hiernächst ward derselbe Stab, aber mit der hohen Seitenfläche, über den nämlichen Pol des Magneten in derselben Richtung hin gestrichen; alsdann konnte dieselbe Grundfläche ein Stück Eisen von 35 Gran Gewicht erhalten.

Die Breite des andern Stabes war $\frac{39}{100}$ und die Höhe $\frac{13}{100}$ eines Zolles. Ward dieser der Länge nach auf der breiten Seitenfläche über den Pol des Magneten weggeführt, so vermochte seine Grundfläche 145 Gran zu halten; dagegen nur 64 Gran, wenn die hohe Seitenfläche den Pol beym Bestreichen des Magneten berührte.

Die Breite des dritten Stabes war $\frac{25}{100}$ und die Höhe $\frac{5}{100}$ eines Zolles. Hier trug die Grundfläche 267 Gran, wenn die breite Seitenfläche den Pol des Magneten berührte, aber nur 57 Gran, wenn die hohe Seitenfläche über den Pol hinweggeführt ward.

Hieraus schloß nun Musschenbroek, daß diejenigen Eisenstäbe, welche eine parallelepipedische Form besitzen, eine weit größere magnetische Kraft von ein und demselben Magneten durch die Mittheilung erhalten, als cylindrische Eisenstäbe.

Da

Da ihm aber auch diese Versuche kein Genüge thaten, so bereitete er 6 Eisenbleche zu, alle von gleicher Länge, nämlich 4 Zoll, und gleicher Dicke, sehr nahe $\frac{1}{100}$ eines Zolles; in Ansehung der Breite aber waren sie nach den Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, 6 verschieden. Alle diese Bleche wurden dreymal über den Pol eines Magneten mit gleicher Kraft und Geschwindigkeit geführt.

Das erstere von 1 Linie Breite konnte nur $1\frac{1}{4}$ Gran tragen,

das andere	2 Linien breit	trug	$10\frac{1}{2}$	Gran
das dritte	3 Linien breit	—	$7\frac{1}{2}$	—
das vierte	4 Linien breit	—	2	—
das fünfte	5 Linien breit	—	$1\frac{1}{2}$	—
das sechste	6 Linien breit	—	$1\frac{1}{10}$	—

Diese Versuche bestätigten aufs neue, daß das Eisen eine gewisse Breite nicht überschreiten könne, wenn es durch Mittheilung den stärksten Magnetismus erhalten soll. Uebrigens giebt es aber kein beständiges Verhältniß zwischen der Länge und der mitgetheilten magnetischen Kraft.

Endlich untersuchte er noch, ob ein längerer Eisenstab eine größere magnetische Kraft durch Mittheilung erhalten könne. Er führte ein Eisenblech $\frac{1}{100}$ eines Zolles dick, 5 Linien breit und $13\frac{1}{4}$ Zoll lang über den Pol ein und desselben Magnets dreymal hinweg; dieß Eisenblech konnte 25 Gran Eisen halten; verkürzte er dieß Eisenblech bis auf 10 Zoll Länge und führte er es ebenfalls dreymal über den Pol des Magnets, so trug es 33 Gran; war es nur 9 Zoll lang, so hielt es 19 Gran, und nur 17 Gran, wenn es eine Länge von 8 Zoll hatte.

Aus

Aus diesem Versuche ergab sich ebenfalls, daß es in Ansehung der Länge des Eisens bey bestimmter Breite und Dicke eine gewisse Gränze geben müsse, wobey dasselbe durch Mittheilung den stärksten Magnetismus erhalten könne, über und unter welche jederzeit eine schwächere magnetische Kraft zu erwarten ist. Uebrigens schien aber auch hier kein bestimmtes Verhältniß zwischen der Länge des Eisens und der ihm mitgetheilten Kraft statt zu finden.

Daß das Eisen auch eine magnetische Kraft erhalte, wenn es nur über den Pol eines Magneten innerhalb seines Wirkungskreises, ohne den Magnet zu berühren, geführt werde, hatte bereits Sellers im Jahre 1666 wahrgenommen. Noch weiter beobachtete auch Wolf[k]), daß dieß Hinwegführen des Eisens über den Pol eines Magneten im Wirkungskreise desselben nicht einmal nöthig sey, um es magnetisch zu machen; wenn er es nur gegen den Pol hielt, ohne diesen damit zu berühren, so erhielt es eine magnetische Kraft, jedoch, sagt er, bey weitem nicht so stark, als durch den Strich, oder durch wirkliche Berührung; überdem müsse es auch einige Zeit in dem Wirkungskreise bleiben, ehe es eine merkliche Kraft erhalte, da es im Gegentheil durch das Streichen fast augenblicklich magnetisirt werde.

Auch hatten Barlow und Riccioli wahrgenommen, daß Eisen, welches auf den Pol eines Magneten von der Linken gegen die Rechte, und von da wieder zurückgestrichen werde, gar keine magnetische Kraft erhalte. Hiebey bemerkt Derham[l]) besonders noch, daß

k) Nützliche Versuche. Th. III. Cap. IV. §. 41.
l) Philos. Trans. n. 303.

daß das Eisen auf solche Art gestrichen keine Pole an seinen Enden, sondern vielmehr in der Mitte, oder nahe dabey besitze; bisweilen sey der eine Pol nahe am Mittelpunkte, der andere aber an einem der beyden äußersten Enden; bisweilen würden die beyden Enden von einem Pole des Magneten angezogen, und von dem andern abgestoßen, in welchem Falle der zurückstoßende Pol jederzeit den anziehenden Theil nahe beym Mittelpunkte fand. In andern Eisenstäbchen fand er die Pole umgekehrt, so daß derjenige Pol, welcher südlich hätte seyn sollen, nördlich, und welcher nördlich hätte seyn sollen, südlich war.

Ferner schien es durch vielfältige Beobachtungen entschieden zu seyn, daß, wenn dem Eisen durchs Streichen auf dem Pole eines Magnets der Magnetismus mitgetheilt worden war, weder der Magnet, noch das Eisen am Gewicht zu- oder abnehme. Whiston [m]) wollte aber das Gegentheil gefunden haben, indem er versichert, daß er jederzeit das Eisen nach dem Streichen leichter gefunden. Ein Eisenstab 4 Fuß lang und 4015$\frac{3}{8}$ Gran schwer, verlor nach dem Streichen auf den Magnet 2 Gran; ein anderer 4584$\frac{1}{8}$ Gran schwer hatte um 2$\frac{5}{8}$ Gran abgenommen; noch ein anderer am Gewicht 14792$\frac{1}{2}$ Gran verlor nach dem Streichen 2$\frac{1}{2}$ Gran; endlich einer 65726 Gran schwer ward um 14 Gran vermindert. Ueberdieß führt er Hawksbee'n als Augenzeugen dieser Versuche an. Allein Musschenbroek [n]) bemerkt dagegen ganz richtig, daß diese Gewichtsabnahme von ganz andern Umständen herrühre, als vom Streichen. Als dieser Whiston's Versuche wiederholte, hieng er

m) Trait. of the dipping needle. p. 9.

n) Diss. de maguete. exper. XXVI.

er die eisernen Stäbe an eine lange hanfene Schnur, und fand wirklich, besonders da er einige Zeit wartete, die Stäbe leichter; als er aber noch länger verzog, um den Unterschied des Gewichts genau zu bemerken, nahm er wahr, daß die Wage auf dieser Seite immer leichter wurde; er entschloß sich daher, sie in diesem Zustande bis auf den folgenden Tag zu lassen; nun sahe er mit Verwunderung, daß sie auf dieser Seite nicht nur nicht leichter wie zuvor war, sondern daß sie vielmehr den andern Theil überwog. Hieraus schloß er, daß die Ursache davon bloß in der hanfenen Schnur liegen müsse, welche den Tag zuvor durch Austrocknung leichter, den Tag darauf aber durch Einsaugung von Feuchtigkeit schwerer geworden war. Nachher aber wählte er statt der hanfenen Schnur Messingdrath, an welchem er die Eisenstäbe befestigte, und fand alsdann auch nicht den geringsten Unterschied in Ansehung des Gewichts derselben vor und nach dem Streichen auf dem Magnet.

Ueberdem machte Whiston noch folgende Beobachtung: auf reines durch Mittheilung magnetisirtes Eisen wirkte ein Magnet in einer größern Entfernung, als auf anderes reines Eisen, welches mit einem Magneten nicht bestrichen war.

Eine andere merkwürdige Erscheinung durch die Mittheilung des Magnetismus an eisernen Nadeln beobachteten zuerst die Herrn Desaguliers und Brook Taylor o). Wenn nämlich das eine Ende einer eisernen Nadel gegen den Pol eines Magneten gebracht ward, ohne die Nadel an diesen zu streichen, so zeigten sich nach der ganzen Länge der eisernen Nadel

o) Philos. Transact. nr. 368.

del in verschiedenen Stellen Pole, welche wechselsweise den Nord- und Südpol einer Magnetnadel anzogen. Taylor nahm 5 Stahlnadeln von zwey Zoll Länge, und nachdem er die Enden derselben an den Pol eines Magneten gebracht hatte, legte er sie auf stehendes Wasser; hiernächst brachte er eine frey schwebende Magnetnadel ihrer Länge nach an dieselben, und fand, daß in der ersten und zweyten Nadel 5 Pole sich befanden, welche wechselsweise von dem Süd- und Nordpole der Magnetnadel angezogen wurden; nur fand bey diesen beyden Nadeln der Unterschied statt, daß die beyden Enden der einen Nadel den Nordpol der Magnetnadel anzogen. In der dritten eisernen Nadel gab es 6 Pole, in der 4ten 7, und in der fünften 4.

Noch einige andere Versuche mit magnetisirten Eisenstäbchen stellte Derham an. Nachdem er nämlich diese der Länge nach spaltete, so machte er dabey folgende Beobachtungen: 1. oft wurden die Pole umgekehrt, so daß der Nordpol zum Südpol wurde, nicht anders, als wenn der Eisenstab von neuem nach einer der vorigen entgegengesetzten Richtung über den Magneten gestrichen worden wäre; 2. bisweilen behielt die Hälfte des Stabes die nämliche magnetische Kraft, indem die andere Hälfte eine völlig umgekehrte Richtung bekam; 3. bisweilen hatte gar keine Veränderung der magnetischen Kraft statt, außer daß sie, wie bey allen übrigen gespaltenen Stäbchen, merklich abnahm; 4. wenn ein Theil des gespaltenen Stabes in Ansehung seiner Richtung eine Veränderung erlitt, so war es beständig der dünnere Theil, der verändert wurde, der stärkere Theil aber behielt die nämliche Richtung; 5. bisweilen ward nur der eine Pol des einen Theils des gespaltenen Stabes umgekehrt, indem

das

das andere Ende indifferent blieb, so daß es so wohl vom Südpole als auch vom Nordpole angezogen wurde; 6. bisweilen wurde der eine Theil des Stabes von dem einen Pole des Magneten angezogen, von dem andern Pole aber weder angezogen noch zurückgestoßen. Anfänglich muthmaßte Derham, die Veränderung in der Richtung möchte vielleicht von der Gewalt bey der Trennung und Beugung der Eisenstäbe abhangen; allein er verwarf diese Meynung wieder, indem er wahrnahm, daß die Hälfte einiger gespaltenen und wenig gebeugten Eisenstäbchen verändert wurde, der übrige Theil aber unverändert blieb, und daß die Richtung einiger sehr stark gebeugter Stäbchen gar keine Aenderung erlitt. Uebrigens war der Erfolg derselbe, die Spaltung mochte ihren Anfang vom Nordpole oder vom Südpole nehmen.

Da das durch den Keil gespaltene Eisen auf der einen Seite eine ebene Oberfläche, auf der andern aber eine einwärts gebogene erhielt, so fand er in Ansehung der Richtung einen großen Unterschied, wenn der Eisenstab auf einer horizontalen Ebene gelegt ward, je nachdem die ebene Oberfläche niederwärts oder aufwärts gerichtet war. War die einwärts gebogene Oberfläche die obere, und die ebene die untere des horizontal liegenden Stabes, so ward derselbe von beyden Polen des Magneten angezogen, und alsdann von denselben abgestoßen; ward aber der Eisenstab umgekehrt, so daß die ebene Fläche nach oben zu lag, alsdann ward das eine Ende von dem einen Pol des Magneten angezogen, von dem andern aber abgestoßen.

Eine noch andere merkwürdige Beobachtung machte Reaumür p). Er nahm einen Stahlstab von 12

p) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1723.

12 Zoll länge, und magnetisirte ihn, hierauf legte er einen dünnen eisernen Stab auf einen Ambos, und brachte jenen magnetisirten Stahlstab mit dem einen Ende gegen den Eisenstab; hier nahm er eine starke Anziehung wahr, indem das Eisen fest an dem Stahlstab hieng. Wenn er aber den Eisenstab auf Holz, oder Stein, oder auf die Hand legte, so wurde er alsdann von dem magnetisirten Stahlstabe wohl zwey- bis dreymal weniger angezogen. Je größer der Ambos war, mit desto größerer Kraft und in einer desto größern Weite wurde er von dem magnetischen Stahlstabe angezogen.

Weil Eisen- und Stahlstäbe durch Mittheilung selbst in Magnete verwandelt werden, so fieng man auch in diesem Zeitraume an, durch Verbindung mehrerer solcher magnetisirten Stahlstäbchen so genannte künstliche Magnete zu verfertigen. Den ersten Gedanken von diesem wichtigen Gegenstande finde ich in einem Briefe des Herrn la Montre an Regis im Journal des savans (Tom. 28. p. 348.). Letzterer hatte nämlich dem erstern gefragt, ob es nicht möglich wäre, gutes magnetisirtes Eisen mit Hülfe der Armirung in Ansehung seiner Kraft eben so gut zu verstärken, als einen Magnet, worauf ihm Montre antwortet, daß er hierin gar keine Schwierigkeit zu finden glaube. Hartsöker[q]) nahm 12 Zoll lange, $\frac{3}{4}$ Zoll breite und $\frac{1}{12}$ Zoll dicke Stahlstäbchen, und fand, nachdem er sie auf einen guten Magneten gestrichen hatte, daß jedes Stäbchen 6 Unzen halten konnte: 18 von diesen magnetisirten Stahlstäbchen verband er so mit einander, daß die gleichnamigen Pole bey-

q) Eclairciſſemens des conjectures phyſiques p. 92.

beysammen waren, und erhielt dadurch nach gehöriger Armatur einen solchen starken künstlichen Magneten, daß er 6 bis 7 Pfund tragen konnte. Nach Verlauf von 6 Wochen wurde dieser Magnet noch stärker, und gleichwol waren die einzelnen Stäbchen für sich untersucht viel schwächer als vorher geworden, indem jedes höchstens nur noch 2 Unzen zu tragen vermochte. Nachdem er sie wieder gehörig zusammengesezt hatte, erhielten sie die nämliche Stärke wieder, wie zuvor, beyde Pole waren sich aber an Kräften vollkommen gleich.

Daß die Kraft eines Magneten durch Armirung beträchtlich zunehme, war längst bekannt. Whiston r) erzählt, Paisley habe gefunden, daß sich die anziehende Kraft zweyer armirten Magneten, bey sonst gleichen Umständen, wie das Quadrat der Diameter oder wie ihre Oberflächen verhalten.

In diesen Zeitraum fallen noch einige besonders merkwürdige Beobachtungen von Reaumür über die Verstärkung des ursprünglichen Magnetismus im Eisen. Man hatte zwar schon sehr früh wahrgenommen, daß das Eisen in gewissen Lagen und im glühenden Zustande ursprünglich magnetisirt werde. Allein die Kraft, welche das Eisen auf solche Art erhielt, war doch immer unbeträchtlich und von keiner langen Dauer. Dagegen fand Reaumür s) Mittel, den ursprünglichen Magnetismus beträchtlich zu verstärken, welche hier angeführt zu werden verdienen. Sie sind die Grundlage, auf welche die nachfolgenden Physiker größtentheils ihre Methoden, den ursprüngli-chen

r) Trait. of the dipping needle. p. 11.

s) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1723.

chen Magnetismus so beträchtlich zu verstärken, gebauet haben.

Es war dem Herrn von Reaumür bekannt, daß das z. B. durchs Feuer, oder durch den Schlag des Hammers, oder durch starkes Reiben erwärmte Eisen eines ursprünglichen Magnetismus fähig sey. Dieß leitete ihn auf den Gedanken, ob es nicht möglich sey, diesen ursprünglichen Magnetismus dadurch zu vergrößern, daß man Eisenstäbe hin und her beuge, wodurch sie eine beträchtliche Wärme erhalten; Er nahm daher Stäbe von verschiedener Stärke und Länge, theils von weichem, theils von sprödem Eisen, theils von Stahl, der erweicht war, theils von hartem Stahl, faßte diese etwas von dem einen Ende entfernt mit einer Zange, und beugte sie so lange hin und her, bis sie zerbrachen; hier fand er, daß der Bruch an beyden Theilen magnetisch wurde, und zwar erhielt das weiche Eisen die stärkste magnetische Kraft, schwächer das spröde Eisen, noch schwächer der erweichte Stahl, und am schwächsten der harte Stahl. Er bemerkt, daß auf solche Art bey einem Eisenstabe, welcher nur die Stärke einer Nadel besitze, die magnetische Kraft sehr schwach sey, und daß diese auch nicht im Verhältniß der Dicke der Stäbe zunehme; am größten fand er sie in einem Eisenstabe, welcher bey gehöriger Länge die Dicke des kleinen Fingers besitze. Bey diesen Versuchen erhielt jedoch nur der Bruch eine magnetische Kraft, die Enden der Stücke aber blieben wie zuvor.

Durch folgende Versuche erhielt Reaumür einen beträchtlich verstärkten ursprünglichen Magnetismus. Eine eiserne Stange in der Dicke eines kleinen Fingers und in der Länge von 2½ Fuß faßte er

mit

mit einer Zange, und zerbrach sie durch viele Beugungen 5 Zoll weit von dem einen Ende, dadurch erhielten die beyden Flächen des Bruchs einen solchen starken Magnetismus, daß sie einen kleinen Schlüssel tragen konnten. Hierauf brachte er den längsten abgebrochenen Theil der Stange 1½ Zoll weit vom Bruche zwischen die Backen der Zange, und beugte ihn einige mal hin und her, jedoch so, daß kein Bruch entstand; auf solche Art erhielt die Fläche des ersten Bruchs eine größere anziehende Kraft. Wiederholte er dieß Verfahren in andern Stellen dieses Eisens, indem er die Zange immer mehr gegen die Mitte desselben einsetzte, so fand er die Anziehung am Bruche immer stärker. Nachdem er nun auf diese Weise in 8 verschiedenen Stellen die Beugung vorgenommen hatte, so war der Magnetismus am Bruche so stark, daß er 4 eiserne Schlüssel halten konnte. Hierauf setzte er die Beugung von der Mitte des Eisens aus nach dem andern Ende zu fort, und bemerkte, daß die anziehende Kraft am Bruche desto mehr wieder abnahm, je näher er dem andern Ende kam; dagegen vermehrte sie sich an diesem Ende, bis endlich nach mehreren Beugungen in verschiedenen Stellen dieß andere Ende eine solche Kraft erhalten hatte, daß es 4 Schlüssel erheben konnte; die Fläche des Bruchs aber vermochte nun nicht mehr, als einige Theile Eisenfeil zu tragen.

Uebrigens beobachtete auch Reaumür, daß ein so genannter Eisenbohrer durchs Bohren an seiner Spitze eine desto geringere magnetische Kraft erhalte, je kürzer er sey. So ward ein solcher Bohrer von der Länge eines Zolles und im Durchmesser 9 Linien, wenn er gleich sehr gut das Eisen durchbohrte, so gering magnetisirt, daß er kaum ein Paar Eisenspäne anzog:

da im Gegentheil Bohrer 3 bis 4 Zoll lang, und 1 oder 1½ Linie dick eine solche starke magnetische Kraft erhielten, daß sie kleine Schlüssel anzogen.

Magnetnadel.

Da die Magnetnadel in vieler Rücksicht ein äusserst wichtiger Gegenstand ist, so kann man leicht vermuthen, daß man sich beständig Mühe gegeben habe, ihr die größt-möglichste Vollkommenheit zu geben. Die gewöhnlichste Form, die man für die beste hielt, war pfeilförmig. Allein de la Hire[ss]) glaubte gefunden zu haben, daß diese Gestalt gerade nicht die vollkommenste sey, theils weil solche Nadeln nicht beweglich genug wären, theils aber auch, weil sie mehr von Norden abwichen. Seinen Erfahrungen zu Folge hielt er diejenigen für die besten, welche aus vollkommen geraden, etwas platt geschlagenen, und auf beyden Seiten zugespitzten Stahlfäden verfertigt wären.

Was die Länge der Magnetnadel betrift, so bemüheten sich Verschiedene dieses Zeitraums die beste und schicklichste durch Versuche aufzufinden, um dadurch nicht allein der Nadel die größte Beweglichkeit zu ertheilen, sondern ihr auch die Fähigkeit zu geben, sich genau in den magnetischen Meridian der Erdkugel zu versetzen. Sturm[t]) glaubte aus vielfältigen Erfahrungen gefunden zu haben, daß nicht eine jede Länge zur Erhaltung dieses Zwecks geschickt sey. Eine Nadel von 1 Fuß Länge fand er deßwegen nicht für gut, weil sie außer den beyden Polen an den äußersten

ss) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1716. 1717.

t) Colleg. experim. curios. Part. II. p. 235.

sten Enden noch zwey andere in der Mitte besaß, welche nicht allein der Beweglichkeit, sondern auch ihrer natürlichen Richtung nach Norden ungemein hinderlich waren. Er beobachtete, daß diese beyden Pole in der Mitte blieben, wenn er auch die Nadel so weit abgekürzt hatte, daß sie nicht mehr über 7 Zoll Länge besaß. Daher meinte er, daß es wol schwerlich vortheilhaft seyn würde, die Magnetnadeln über 6 Zoll lang zu machen. Gleichwol empfiehlt de la Hire, besonders bey feinen Beobachtungen, Nadeln von 12 und mehreren Zollen Länge. Dagegen führt aber Musschenbroek u) an, daß er unter allen bis auf 3 Fuß langen Nadeln, womit er Beobachtungen angestellt, diejenigen als die besten gefunden habe, welche nicht über 6 Zoll lang waren.

Uebrigens bemerkt noch Musschenbroek, daß auch auf die gehörige Stärke der Nadeln sehr viel ankomme; eine zu leichte Nadel erhalte nie eine solche Beweglichkeit, und komme nicht so beständig wieder in ihre vorige Stellung zurück, wenn sie aus dem magnetischen Meridian gezogen worden, als eine schwerere Nadel. Es sey aber, sagt er, nicht leicht, eine den Nadeln angemessene Stärke bey verschiedener Länge zu geben. Wenn eine 6 Zoll lange Nadel ein geringeres Gewicht als 50 Gran besaß, so fand er sie nie gut, so wie sie auch untauglich war, wenn sie bey dieser Länge ein größeres Gewicht als 200 Gran hatte; daher giebt er den Rath, einer 6 Zoll langen Nadel ein solches Gewicht zu geben, welches zwischen den Gränzen 50 und 200 Gran fällt, wodurch derselben die gehörige Stärke ertheilt werde.

Die

u) Diss. de magnete. exper. CIX.

Die Magnetnadel dient unter andern auch vorzüglich zur Bestimmung der Abweichung derselben an jeder Stelle der Erde. Deßwegen muß sie sich in horizontaler Lage sehr frey und ohne große Hindernisse bewegen können. Die gewöhnlichste bisher bekannte Methode, die Abweichung der Magnetnadel zu finden, war diese, daß man eine Mittagslinie zog, und auf diese die Boussole so setzte, daß die Mittagslinie derselben auf die gezogene Mittagslinie fiel; alsdann zeigte der Grad, auf welchen die Nadel spielte, die Größe der Abweichung an. In diesem Zeitraume fieng man an, auch auf andere Einrichtungen zu denken, um dadurch die Abweichung zu finden. Im Jahre 1680 schlug Hautefeuille x) vor, eine Magnetnadel in ein Fernrohr so anzubringen, daß die eine sehr feine Spitze in den Brennpunkt des Augenglases, wo sich ein unbeweglicher ausgespannter Seidenfaden befinde, eintrete; auf diese Weise, meint er, ließe sich die geringste Veränderung der Magnetnadel sehr bequem beobachten. Hautefeuille's Vorschlag suchte Sturm y) zu erläutern und zu verbessern. Eine andere Einrichtung machte Teuber z) bekannt, und de la Hire a) beschrieb einen eigenen zur Bestimmung der Abweichung der Magnetnadel eingerichteten Compaß (ein Declinatorium, Abweichungscompaß). Die Büchsen zum Compasse von Messing verwirft de la Hire gänzlich, weil das Messing bisweilen Eisen bey sich führe, und dadurch den Stand der Nadeln in Unordnung bringe. Daher nahm er lieber har-

x) Journal des savans. an. 1680.

y) Acta erudit. Lips. 1684. p. 577.

z) Ibid. 1686. p. 125.

a) Mém. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1716.

hartes Holz dazu, welches sich weder in der warmen noch feuchten Luft ändert. Da er aber glaubte, daß auch dieses einige Eisentheilchen an sich haben könne, so empfiehlt er vor allen andern Materien den Marmor, oder auch ander Gestein, das sich gut verarbeiten läßt, zu Compassen.

Anfänglich glaubte man, daß die Abweichung der Magnetnadel an jedem Orte der Erde beständig sey. Allein die Seefahrer mußten es gar bald wahrnehmen, daß sie an ein und demselben Orte nicht einerley, sondern einer beständigen Veränderung unterworfen sey. Die ältesten Beobachtungen, welche der Veränderlichkeit der Abweichung an demselben Orte gedenken, rühren von den Franzosen her; daher es auch wahrscheinlich ist, daß diese sie zuerst wahrgenommen haben. Im Jahre 1550 war zu Paris die Abweichung 8 Grad gegen Osten, im Jahre 1580 aber 11 Grad 30 Minut. gegen Osten, und im Jahre 1610 wiederum 8 Grad gegen Osten. Nachher scheint aber unter den Engländern vorzüglich Gellibrand sehr aufmerksam auf die Veränderung der Abweichung gewesen zu seyn. Im Jahre 1625 zog er im Garten zu London (The Privy Garden at Whitehall genannt) mit vieler Sorgfalt eine Mittagslinie, und beobachtete mit Hülfe einer langen Nadel die Veränderung der Abweichung [b]). Nach der Zeit endlich ist diese von allen Beobachtern wahrgenommen worden. Vorzüglich sind wir es den Franzosen und Engländern schuldig, welche diesen Gegenstand mit vieler Sorgfalt untersucht, und die Beobachtungen aufgezeichnet haben. Die Resultate der Pariser Beobachtungen enthält folgende Tabelle:

Jahr.

b) Philosoph. Transact. nr. 276 und 278.

Jahr.		Abweichung.				
1550	-	8 Grade		0 Minuten.		gegen Osten.
1580	-	11	-	30	-	
1610	-	8	-	0	-	
1640	-	3	-	0	-	
1664	-	0	-	40	-	
1666	-	0	-	0	-	gegen Westen.
1670	-	1	-	30	-	
1680	-	2	-	40	-	
1681	-	2	-	30	-	
1683	-	3	-	50	-	
1684	-	4	-	10	-	
1685	-	4	-	10	-	
1686	-	4	-	30	-	
1692	-	5	-	50	-	
1695	-	6	-	48	-	
1696	-	7	-	8	-	
1698	-	7	-	40	-	
1699	-	8	-	10	-	
1700	-	8	-	12	-	
1701	-	8	-	25	-	
1702	-	8	-	48	-	
1703	-	9	-	6	-	
1704	-	9	-	20	-	
1705	-	9	-	35	-	
1706	-	9	-	48	-	
1707	-	10	-	10	-	
1708	-	10	-	15	-	
1709	-	10	-	15	-	
1710	-	10	-	50	-	
1711	-	10	-	50	-	
1712	-	11	-	15	-	
1713	-	11	-	12	-	
1714	-	11	-	30	-	

Jahr.

Jahr.		Abweichung.		
1715	-	11 Grade	10 Minuten.	gegen Westen.
1716	-	12 -	20 -	
1717	-	12 -	20 -	
in einem andern Monate		12 -	45 -	
1718	-	12 -	30 -	
1719	-	12 -	30 -	
1720	-	13 -	0 -	
1721	-	13 -	0 -	
1722	-	13 -	0 -	
1723	-	13 -	0 -	
1724	-	13 -	0 -	
1725	-	13 -	15 -	

Aus diesen Beobachtungen ließ sich sehr leicht erkennen, daß die Veränderung der Abweichung in einerley Stelle der Erdfläche der Zeit nicht proportional sey. Selbst alsdann, wenn eine gleiche Anzahl von Jahren zusammen genommen ward, fand sich die Veränderung der Abweichung ungleich und in keinem Verhältnisse mit der Zeit. Ueberdieß ist die Abweichung nicht immer fortschreitend, sondern manchmal so gar zurückgehend. De la Hire, welcher die meisten dieser angeführten Beobachtungen gemacht, und vom Jahre 1699 ununterbrochen fortgesetzt hatte, bemerkt, daß binnen 13 Jahren vom Jahre 1686 bis 1699 die Größe der Veränderung der Abweichung für jedes Jahr im Mittel 17 Minuten gesetzt werden könne. Allein wenn von den folgenden Jahren das Mittel genommen wird, so wird für ein jedes Jahr eine weit kleinere Zeit herauskommen, woraus erhellet, daß sich darüber gar nichts Bestimmtes festsetzen läßt.

Unter

Unter allen aber beschäftigte sich vorzüglich Halley mit diesem Gegenstande, indem es ihm darum zu thun war, eine allgemeine Theorie der Abweichung aufzufinden. Daher sammlete er alle mögliche Beobachtungen zusammen und verglich sie unter einander. Seine Theorie, welche er daraus zog, und welche nachher angeführt werden soll, ward damals mit allgemeinem Beyfall aufgenommen, und alle nach der Zeit angestellte Beobachtungen giengen vorzüglich mit dahin, Halley's Theorie entweder zu bestätigen, oder zu widerlegen. Für London giebt Halley die Abweichung der Magnetnadel, welche daselbst von Verschiedenen beobachtet worden ist, folgender Maaßen an [c]).

Jahre.	Nahmen der Beobachter.	Abweichung.		
1580	Burrow	11 Grad	15 Minut.	gegen Osten.
1612		6 -	10 -	
1622	Gunter	6 -	0 -	
1634	Gellibrand	4 -	5 -	
1657	Bond	0 -	0 -	
1665		1 -	$22\frac{1}{2}$ -	gegen Westen.
1666		1 -	$35\frac{3}{5}$ -	
1672	Halley	2 -	30 -	
1683		4 -	30 -	
1692		6 -	0 -	
1700		8 -	0 -	

Da aus allen diesen und noch mehreren Beobachtungen die Abweichung der Magnetnadel beständig fortschreitend gefunden wurde, so kamen die Engländer zuerst auf den Gedanken, daß die Nadel oder die magnetischen Pole der Erde binnen einer gewissen Zeit einen

c) Philosoph. Transact. n. 195. p. 564.

einen ganzen Umlauf machen würden. So führt ein gewisser Philips an, daß der Umlauf der Nadel binnen 370 Jahren vollendet werde; nachher glaubte Bond [d]), daß er auf 600 Jahre zu setzen sey; Halley hingegen vermuthete, daß dieser Umlauf 700, und Whiston, daß er 1920 Jahre erfordere.

Vor Halley hatte man schon verschiedene Hypothesen aufgestellt, um daraus die Abweichungen der Magnetnadel zu erklären; allein keine einzige wollte mit den Beobachtungen übereinstimmen, und sie verdienen daher auch nicht weiter angeführt zu werden. Halley hingegen gab sich außerordentliche Mühe, alle mögliche Beobachtungen zusammen zu bringen, um aus ihrer Vergleichung vielleicht eine allgemeine und für die Schiffahrt ungemein wichtige Theorie herzuleiten. Diese sehr mühsame Arbeit unternahm er im Jahre 1683, und brachte die Beobachtungen in folgende Tabelle [e]):

Länge von London	Breite	Jahr	Abweichung der Nadel
0 Gr. 0 Min. Ost.	51° 32′ Nord.	1583	11° 15′ Ostw.
		1622	6 - 0 - —
		1634	4 - 5 - —
		1672	2 - 30 - West.
		1683	4 - 30 - —
2 — 25 — —	48 - 51′ —	1640	3 - 0 - Ost.
		1666	0 - 0 -
		1681	2 - 30 West.
13 — 0 — —	55 - 54 —	1672	2 - 35 —
12 — 53 — —	55 - 41 —	1649	1 - 30 Ostw.
19 — 0 — —	54 - 32 —	1679	7 - 0 - West.
4 — 0 — —	43 - 37 —	1674	1 - 10 - —
4 — 25 — —	48 - 23 —	1680	1 - 45 - —

Län-

d) Treatise longitude found. p. 2.
e) Philosoph. Transact. n. 148.

Länge von London	Breite	Jahr	Abweichung der Nadel
13 Gr. 0 Min. Ost.	41° 50' Nord.	1681	5° 0' West.
1 — 20 — West.	43 - 30 —	1680	1 - 20 - —
79 — 40 — —	51 - 0 —	1668	19 - 15 - —
57 — 0 — —	61 - 0 —	1668	29 - 30 - —
80 — 0 — —	78 - 0 —	1616	57 - 0 - —
50 — 0 — —	38 - 40 —	1682	7 - 30 - —
31 — 30 — —	43 - 50 —	1682	5 - 30 - —
42 — 0 — —	21 - 0 —	1678	0 - 40 - Ostw.
35 — 30 — —	8 - 0 Süd.	1670	5 - 30 - —
41 — 10 — —	22 - 40 —	1670	12 - 10 - —
53 — 0 — —	39 - 30 —	1670	20 - 30 - —
68 — 0 — —	52 - 30 —	1670	17 - 0 - —
75 — 0 — —	53 - 0 —	1670	14 - 10 - —
73 — 0 — —	40 - 0 —	1670	8 - 10 - —
16 — 30 — Ost.	34 - 50 —	1622	2 - 0 - —
1 — 0 — —	34 - 30 —	1675	0 - 0 - —
20 — 0 — West.	34 - 0 —	1675	10 - 30 - —
32 — 0 — —	24 - 0 —	1675	10 - 30 - —
6 — 30 — —	16 - 0 —	1677	0 - 40 - —
14 — 30 — —	7 - 50 —	1678	1 - 0 - —
44 — 0 — Ost.	12 - 15 —	1675	19 - 0 - West.
40 — 0 — —	4 - 0 —	1675	16 - 0 - —
56 — 0 — —	12 - 30 Nord.	1674	17 - 0 - —
47 — 30 — —	13 - 0 —	1674	15 - 0 - —
61 — 0 — —	20 - 0 Süd.	1676	20 - 30 - —
64 — 30 — —	0 - 0	1676	15 - 30 - —
55 — 0 — —	27 - 0 —	1676	24 - 0 - —
72 — 30 — Ost.	19 - 0 Nord.	1676	12 - 0 - —
76 — 0 — —	8 - 15 —	1680	8 - 48 - —
87 — 0 — —	21 - 30 —	1680	8 - 20 - —
80 — 0 — —	13 - 15 —	1680	8 - 10 - —
104 — 0 — —	6 - 4 Süd.	1676	3 - 10 - —
58 — 0 — —	39 - 0 —	1677	27 - 30 - —
72 — 0 — —	38 - 0 —	1677	23 - 30 - —
142 — 0 — —	42 - 25 —	1642	0 - 0 - —
170 — 0 — —	40 - 50 —	1642	9 - 0 - Ostw.
169 — 30 — —	35 - 35 —	1642	8 - 40 - —

Län-

Länge von London	Breite	Jahr	Abweichung der Nadel
184 Gr. 0 Min. Ost.	20° 15' Süd.	1642	6° 20, Ostw.
149 — 0 — —	4 - 30 —	1642	8 - 45 - —
126 — 0 — —	0 - 26 —	1642	5 - 30 - —

Aus diesen Beobachtungen zog Halley folgende allgemeine Sätze:

1. In ganz Europa ist gegenwärtig die Abweichung westlich, und zwar gegen Morgen zu stärker als gegen Abend, und sie scheint durchgängig von Abend gegen Morgen zuzunehmen.

2. An der Küste von Nordamerika nahe bey Virginien, Neuengland und Neufowndland ist die Abweichung ebenfalls westlich, und sie wird immer größer, je weiter man nach Norden geht, so daß sie in Neufowndland 20, in der Hudsonsstraße 30, und in der Baffinsbay 57 Grade ausmacht; dagegen wird sie geringer, je weiter man von dieser Küste ostwärts segelt.

Aus diesen beyden Sätzen zieht Halley die Folge, daß irgendwo zwischen Europa und dem nördlichen Theile von Amerika eine östliche Abweichung, oder doch wenigstens keine westliche statt finde. Dieß scheine bey der östlichsten der azorischen Inseln zu erfolgen.

3. An der Küste von Brasilien ist die Abweichung östlich, und sie wächst gegen Westen immer mehr, so daß sie beym Vorgebirge Frio 12 Grade, und beym Platafluß 20½ Grade ausmacht. Südwestwärts nach der magellanischen Straße zu nimmt sie wieder ab bis auf 17 Grad, und ist beym westlichen Eingange der Straße nur 14 Grade.

4. In dem östlichen Theile von Brasilien nimmt die Abweichung gegen Osten immer ab, so daß sie auf der Insel St. Helena und Ascension am geringsten ist,

 und

und sich endlich 18 Grad westwärts am Vorgebirge der guten Hofnung ganz und gar verliert.

5. Noch weiter ostwärts fängt wieder eine westliche Abweichung an, welche sich auf dem ganzen indischen Meere hin erstreckt, und unter dem Aequator im Mittagskreise von den nördlichen Theilen der Insel Madagascar bis auf 18 Grad steigt. In demselben Mittagskreise unter dem 39sten Grade südlicher Breite findet sie sich $27\frac{1}{2}$ Grad, und nimmt von hier aus gegen Osten zu ab, so daß sie beym Vorgebirge Comorin nicht viel über 8 Grad, an der Küste Java aber nur 3 Grad beträgt. In den Moluckischen Inseln endlich, so wie auch westwärts von Van Diemensland verschwindet sie ganz.

6. Weiter ostwärts in der südlichen Breite entsteht eine neue östliche Abweichung, welche aber weder so stark, noch von einem so weiten Umfange, als die vorige, ist. Denn auf der Insel Rotterdam ist sie schon merklich kleiner, als an der Küste von Neuguinea, und nach dem Verhältnisse, in welchem sie abnimmt, läßt sich abnehmen, daß 20 Grad ostwärts, oder bey 225 Grad Länge von London aus, unter dem 20sten Grade südlicher Breite wiederum eine westliche Abweichung anfängt.

7. Die in Baldivia und an dem westlichen Eingange der magellanischen Straße gemachten Beobachtungen beweisen, daß die n. 3. angeführte östliche Abweichung sehr schnell abnehme, und sich nicht auf mehrere Grade über die Küsten von Peru und Chili hinaus in die Nordsee erstrecke, wo alsdann wieder eine westliche Abweichung in der Gegend der unbekannten Länder zwischen Chili und Neuseeland, und zwischen der Insel Canum und Perou anfangen muß.

8.

8. Von der Insel St. Helena neben der Insel Ascension ostsüdwärts bis an den Aequator bleibt die Abweichung östlich, aber sehr gering und immer gleich groß; so daß also in dieser Gegend der Strich, wo keine Abweichung statt findet, kein Meridian ist, sondern sich vielmehr zwischen Norden und Westen hin erstreckt.

9. Der Eingang der Hudsonsstraße und die Mündung des Plataflusses liegen beynahe unter einerley Meridian, und gleichwol weicht an dem einen Orte die Nadel $29\frac{1}{2}$ Grad nach Westen, in dem andern aber $20\frac{1}{2}$ Grad nach Osten ab.

Aus diesen Sätzen leitet nun Halley die Hypothese her, daß unsere Erdkugel ein großer Magnet sey, welcher vier Pole oder Anziehungspunkte besitze, nämlich an jedem Pole des Aequators zwey. An denjenigen Orten, welche sich nahe an dem einen Pole befänden, richte sich die Nadel nach demselben, so daß überhaupt der nähere Pol allemal die Oberhand über den entferntern erhalte.

Die Stellen der Erde, in welchen diese Pole liegen, ließen sich, sagt er, zwar nicht genau bestimmen; demungeachtet aber könne man doch vermuthen, daß derjenige Pol, welcher unsern Ländern am nächsten liege, sich im Meridiane von Landsend nicht über 7 Grad vom Nordpole der Erde entfernt befinde. Dieser bestimme die Abweichung der Nadel in ganz Europa, der Tartarey und dem Eismeere, jedoch so, daß er eine Beziehung auf den andern magnetischen Nordpol habe, welcher ohngefähr in den mitten durch Californien gehenden Mittagskreis 15 Grad vom nördlichen Erdpole falle. Nach diesem Pole richte sich vor-

nemlich die Magnetnadel in Nordamerika, und den daran stoßenden beyden Meeren von den Azoren bis zu Japan.

Was die beyden südlichen magnetischen Pole betrift, so sollen diese vom Südpole der Erde etwas weiter abstehen. Den einen Pol setzt er etwa 16 Grad weit vom Südpole der Erde in einen 20 Grad westwärts von der magellanischen Straße abstehenden Meridian, und er soll die Nadel in Südamerika, dem stillen Meere und einem großen Theile des äthiopischen Meeres lenken; der andere Pol hingegen hat seine Stelle 20 Grad vom Südpole entfernt in dem Meridiane, der 120 Grad ostwärts von London durch Neuholland, und die Insel Celebes geht. Dieser Pol soll, weil er vom Südpole der Erde am weitesten absteht, überall den größten Einfluß haben, und sich über das nördliche Afrika, über Arabien, das rothe Meer, Persien, Indien und dessen Inseln, das ganze indische Meer vom Cap der guten Hofnung bis zur Mitte des großen mittelländischen Meeres, welches Asien und Afrika trennt, erstrecken. Dieser Hypothese gemäß erklärt nun Halley die aus obiger Tabelle gezogenen allgemeinen Sätze auf folgende Art:

1. Weil alle Orte in Europa den Europäischen Pol im Meridiane von Landsend in England auf der Westseite ihres Mittagskreises haben, so muß ihnen die Abweichung westlich seyn, und zwar um desto mehr, je weiter man ostwärts geht.

2. Auf der Westseite des Meridians von Landsend würde die Nadel eine östliche Abweichung erhalten, wenn sie nicht wegen der Nähe des amerikanischen Nordpols, welcher etwas mehr Kraft, als der erstere, zu besitzen scheint, westwärts gezogen würde, welche Wir-

kung

kung auch unter dem Meridian von Landsend selbst noch einige westliche Abweichung verursacht. In der Gegend des Meridians von Terceira möge vielleicht der europäische Pol so viel Uebergewicht besitzen, daß daselbst eine östliche, oder doch wenigstens keine westliche Abweichung mehr statt habe. Von den Azoren westwärts aber habe der amerikanische Pol die Oberhand, und verursache an den Küsten von Nordamerika eine westliche Abweichung, welche desto größer werde, je weiter man nach Norden komme, desto geringer aber, je mehr man sich ostwärts dem europäischen Pole nähere. In Nordamerika selbst nehme diese westliche Abweichung wieder ab, sie sey in dem Mittagskreise, welcher durch Californien gehe, Null, und müsse weiter westwärts gegen Yedso und Japan ohne Zweifel östlich seyn, bis sie wieder der durch den europäischen Pol verursachten westlichen Abweichung begegne.

3. Gegen den Südpol zu finden ähnliche Wirkungen statt, nur daß hier die südliche Spitze der Nadel angezogen wird. Wenn also der magnetische Pol 20 Grad westwärts von der magellanischen Straße liegt, so muß die Abweichung an der Küste von Brasilien, dem Platasflusse u. s. w. östlich seyn, und sich über einen großen Theil des äthiopischen Meeres erstrecken.

4. Noch weiter südwärts aber wird sie endlich von der Kraft des asiatischen Südpols überwogen, welches ohngefähr zwischen dem Vorgebirge der guten Hofnung und den Inseln des Tristan d'Acunha geschieht.

5. Noch weiter ostwärts wird die südliche Spitze der Magnetnadel von dem asiatischen Pole gezogen, und verursacht dadurch eine westliche Abweichung, welche wegen der weiten Entfernung dieses Pols von

dem Südpole der Erde sehr stark seyn, und sich ungemein weit erstrecken muß, bis sie endlich in den Molucken um den Meridian der Insel Celebe, in welchem dieser Pol selbst seine Stelle hat, verschwindet, und einen neuen östlichen Raum macht.

6. Die östliche Abweichung erstreckt sich etwa bis in die Mitte des Südmeers.

7. Hier fängt wieder, wegen der Wirkung des amerikanischen Südpols zwischen Neuseeland und Chili, eine westliche Abweichung an.

8. In der heißen Zone, und besonders unter dem Aequator, muß auf alle Pole Rücksicht genommen werden. So ist in dem von St. Helena nordwestwärts gerichteten Striche die Abweichung östlich und sehr gering, weil hier die Wirkung des amerikanischen Südpols, welcher diesen Gegenden am nächsten liegt, und eigentlich eine große östliche Abweichung verursachen sollte, durch die vereinten entgegengesetzten Wirkungen des amerikanischen Nordpols und des asiatischen Südpols geschwächt wird, der europäische Nordpol aber überdem beynahe in den Mittagskreis dieser Gegenden selbst fällt.

9. Auch läßt sich hieraus begreifen, wie die Abweichung unter einerley Meridian an einem Orte östlich, am andern westlich seyn könne.

Endlich bemerkt er noch in Ansehung der Bewegung der Pole, daß derjenige, welcher die Abweichungen, die an ein und demselben Orte, aber zu verschiedenen Zeiten statt gehabt hätten, mit einander vergleiche, leicht einsehen werde, daß die Pole in Ansehung ihrer Bewegung gegen Osten zu fortrückten. Daher, schließt er, könnte die Umdrehung keinesweges um die Erdaxe

erfol-

erfolgen. Denn in einem solchen Falle müßte die Abweichung in einerley Parallel nach dem Verhältnisse der Bewegung der Pole einerley seyn, wovon aber die Erfahrung das Gegentheil zeige. In einer nördlichen Breite von $50\frac{1}{2}$ Grad weiche jeßt die Nadel an keinem Orte zwischen England und Amerika um 11 Grad gegen Osten ab, so wie es zu London beobachtet worden sey. Daher ist er der Meynung, daß gegenwärtig der europäische Pol dem Nordpole der Erde näher sey, oder doch wenigstens von seiner Kraft viel verloren habe.

In einem andern Aufsatze f) suchte er die Verrückung der Pole, um die Veränderung der Abweichung befriedigend zu erklären, auf folgende Art deutlich zu machen. Er stellte sich nämlich vor, unsere Erde bestehe aus einer äußern Rinde und einem von jener eingeschlossenen concentrischen Kerne, so daß der Raum zwischen dem Kern und der Rinde mit einer flüssigen Materie ausgefüllt sey. Die Rinde sowol als der Kern besitzen zwey magnetische Pole, und beyde, der Kern und die Rinde, drehen sich um den gemeinschaftlichen Mittelpunkt und der Erdaxe täglich binnen 24 Stunden ein mal herum. Die Pole der Rinde sind unbeweglich, so daß die Abweichung, wenn die Nadel bloß von diesen gezogen würde, keine Veränderlichkeit zeigte. Um also die veränderliche Abweichung zu erklären, nimmt er an, daß zwar die beyden Pole des Kerns für sich ebenfalls unbeweglich, in Rücksicht der Pole der Rinde aber veränderlich wären.

f) An account of the cause of the change of the variation of the magnetical needle, by *Edm. Halley* in den Philos. Transact. n. 195. p. 563.

ren. Er setzt nämlich, daß die Rinde und der Kern um die gemeinschaftliche Axe mit ungleicher Geschwindigkeit umgedreht würden, jedoch so, daß die Ungleichheit erst nach vielen Umdrehungen merklich werde. Unter den Nordpolen hält er den europäischen Pol für beweglich, unter den Südpolen den amerikanischen, weil in den Gegenden um diese Pole die Veränderungen am größten wären. Die Verrückung der Pole selbst erfolge nach Westen; mithin bleibe der Kern bey der täglichen Umdrehung von Westen nach Osten ein wenig zurück, welches davon herrühren könne, daß beym ersten Anfange der Umdrehung der der äußern Rinde ertheilte Stoß sich dem Kerne nicht ganz habe mittheilen können. Da diese Verrückung sehr langsam von statten gehe, so lasse sich aus so wenigen und neuen Beobachtungen nichts Zuverlässiges über die Dauer ihrer Periode bestimmen; doch scheine sich der amerikanische Pol in 90 Jahren um 46 Grade westwärts verrückt zu haben, woraus sich die Dauer der Umlaufszeit ohngefähr auf 700 Jahre setzen ließe.

Halley kam auf den höchst unwahrscheinlichen Gedanken, daß unsre Erde aus einer Rinde und einem Kern bestehe, durch Newton's Satz, daß die Dichtigkeit des Mondes sich zur Dichtigkeit der Erde, wie 9 : 5 verhalte, mithin der Mond als ein viel kleinerer Körper weit dichter, als der viel größere Körper, die Erde, sey. Daher schien es ihm überhaupt möglich, daß in hohlen Sphären mehrere andere concentrische Sphären enthalten, und eben so gut, wie die Rinde, bewohnbar seyn könnten.

Bey allen Mängeln der Theorie hat doch Halley in Ansehung seiner ungemein mühsamen Untersuchung unverkennbare Verdienste. Er war in der That

der

der erste, der aus so vielen in gar keiner Ordnung hingeworfenen Beobachtungen Sätze folgerte, welche die Abweichung der Magnetnadel ungemein aufhellten. Er zog selbst hieraus die erste so genannte Abweichungscharte für das Jahr 1700, wodurch dieser Gegenstand noch mehr Licht erhielt. Er fand, daß die beyden Linien auf der Erdfläche, wo die Abweichung Null ist, wovon die eine durch Nordamerika, und die andere durch China geht, eigene Krümmungen besitzen, und weder Mittagskreise noch Parallelkreise sind. Alle Oerter, welche in Ansehung der erstern Linie nach Osten liegen, haben eine westliche, und die, welche nach Westen liegen, eine östliche Abweichung. Diejenigen Oerter nun, welche westliche oder östliche Abweichung haben, vereinigte er von 5 zu 5, 10 zu 10 u. s. f. Graden, und erhielt dadurch Linien, in welchen die Abweichungen immer um 5 Grad verschieden waren. Alle diese Linien durchschneiden einander größtentheils nicht, sondern laufen neben einander hin, ob sie gleich nicht parallel sind. Sie scheinen auf gewisse Stellen hinzuweisen, von welchen die Abweichung der Nadel abhängt. Dieß mag auch wohl Halley'n veranlaßt haben, vier magnetische Pole der Erdkugel anzunehmen.

Halley stellte selbst bald nach Verfertigung seiner Abweichungscharte eine Seereise in die südlichen Länder an, in der Absicht, um eine Prüfung anzustellen, ob die Beobachtungen mit seinen Linien zusammenstimmten, oder nicht. Er glaubte wirklich gefunden zu haben, daß die von ihm beobachteten Abweichungen ziemlich genau mit seiner entworfenen Charte, und selbst mit seiner Theorie zusammentreffen. Allein der jüngere Cassini [g]) hatte zu gleicher Zeit an

g) Histoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. 1701.

an verschiedenen Stellen die Abweichung der Magnetnadel mit vielem Fleiße untersucht, als er auf Befehl des Königs die Mittagslinie der Sternwarte zu Paris durch die südlichen Provinzen Frankreichs verlängerte, und sie nicht so gefunden, als es Halley's Hypothese erforderte. So, sagt er, habe er z. B. die Abweichung im Meerbusen zu Lyon 2 Grad größer befunden, als es nach Halley statt haben sollte. Doch, meint er, könnte auf der offenen See und in eingeschlossenen Meeren ein merklicher Unterschied obwalten, und es wäre allerdings der Mühe werth, mit gehöriger Sorgfalt allenthalben Beobachtungen anzustellen, und sie mit Halley's Theorie zu vergleichen. Wenn sie wahr wäre, so würde die Linie, wo die Abweichung Null ist, auf der Erdfläche nicht fest seyn, sondern beständig fortrücken, indem sich an ein und demselben Orte die Abweichung der Magnetnadel jährlich auf 11 bis 12 Minuten ändere.

Dagegen führt derselbe Cassini h) verschiedene von dem Missionar de May auf einer Reise nach China im Jahre 1703 gemachte Beobachtungen an, welche mit Halley's Linien sehr gut übereinstimmten. Sie sind in folgender Tabelle enthalten:

Breite	Länge	Abweichung der Nadel
5° 40′ Nord.	358° 0′	1° 30′ Westw.
5- 20- Süd.	356- 0-	1- 0- Ostw.
11- 15- —	352- 40-	1- 30- —
21- 0- —	250- 0-	6- 30- —
34- 40- —	7- 45-	3- 15- —
36- 0- —	24- 10-	3- 0- West.
36- 20- —	41- 0-	12- 0- —

Brei-

h) Mém. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. 1705.

Breite			Länge		Abweichung der Nadel		
35°	35′	Süd.	43°	30′	19°	0′	West.
32-	50-	—	69-	0-	25-	30-	—
28-	0-	—	98-	30-	19-	0-	—
22-	40-	—	96-	35-	15-	0-	—
1-	20-	—	106-	40-	4-	0-	—
14-	40-	—	105-	20-	4-	45-	—

Noch andere Beobachtungen im orientalischen Indien von Houssaye in den Jahren 1704 und 1705 angestellt, welche ebenfalls Cassini [i]) anführt, stimmten auch mit Halley's Linien zusammen. Die Abweichung an verschiedenen Orten war nur verhältnißmäßig größer oder geringer, als Halley angegeben hatte. Ueberhaupt bemerkt Cassini, daß die größte Veränderung der Abweichung jährlich auf 16 Minuten und die kleinste auf 7 Minuten sich belaufe, wovon das Mittel, oder 11 bis 12 Minuten, zu Paris statt finde.

Im allgemeinen haben alle Beobachtungen, welche nach Halley so vielfältig angestellt worden sind, gelehrt, daß seine Linien auf der Abweichungscharte beständig fortrücken, und auf der Erdoberfläche andere Lagen erhalten; daher denn auch für andere Jahre neue Abweichungscharten nöthig geworden sind. Hier muß nur noch historisch angeführt werden, wie sich die vornehmsten der Halley'schen Abweichungslinien in diesem Zeitraume verändert haben.

Alle Beobachtungen haben einstimmig gelehrt, daß zu London und zu Paris die Abweichung der Magnetnadel beständig zugenommen habe. Ueberdieß bemerkt

i) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1708.

merkt de l'Isle [k]), daß die Abweichung in den meisten Städten Frankreichs fast eben so wie zu Paris gewachsen sey; auch ist sie in dem Caspischen Meere bald 12° 9', bald 11° 44', anderswo 13° 51', wieder an einem andern Orte 11° 51', anderswo 11° 18' u. s. gefunden worden [l]). Aus allen diesen Beobachtungen folgt also, daß die Halley'schen Linien, welche auf dem nördlichen Theile der Erde eine westliche Abweichung zeigen, sich verrückt haben, indem sie sowol gegen den Aequator hin hinabsteigen, als auch von Westen nach Osten fortgehen, gleichsam als ob sie sich alle um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt drehten.

Was nun diejenige Linie betrist, wo die Abweichung Null ist, und welche nach Halley für das Jahr 1700 durch die Bermudischen Inseln von Carolina aus über die Nordsee sich erstrecke, so haben alle nachfolgenden Beobachtungen gelehrt, daß sich der eine Theil mehr von Westen entfernt, und der andere Theil mehr gegen Westen bewegt. So fand man nach Beobachtungen, welche im Jahre 1706 auf dem atlantischen Meere gemacht worden sind [m]), daß diese Linie durch Stellen in der südlichen Breite von 3° 17', und in der Länge von London aus nach Westen 20° 5' gieng, da sie Halley für das Jahr 1700 bey der Länge von 20° und bey der nördlichen Breite von 5° bemerkt hatte. Ein anderer Theil dieser Linie ward aber bey 34° 31' südlicher Breite, und 1° 29' 30" Länge nach Westen beobachtet, welche Halley bey derselben Breite in den 4ten Grad der Länge von dem londner Mittagskreise aus gesetzt hatte. Dieser nämliche

k) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1712.
l) Ibid. an. 1721.
m) Philos. Transact. n. 310.

liche Theil ward im Jahre 1721 [n]) beynahe bey 12° 57′ Länge von dem Londner Mittagskreise gegen Morgen beobachtet. Hieraus folgte also, daß sich der erstere Theil der Linie gegen Amerika, und der andere gegen das Vorgebirge der guten Hofnung fortbewegt haben mußte. Im Jahre 1708 aber fand Feuillee [o]) auf einer Reise nach Amerika und Indien diese Linie bey 5° 24′ nördlicher Breite und 357° 3′ Länge, also gerade an der Stelle, wo sie Halley für das Jahr 1700 gesetzt hatte. Es schien daher diese Stelle gleichsam der Mittelpunkt zu seyn, um welchen sich diese Linie bewege, so daß der eine Theil derselben gegen Westen, und der andere gegen Osten fortrückt.

Außer den beyden Linien, wo die Abweichung der Magnetnadel Null ist, glaubte de l'Isle [p]) noch eine dritte gefunden zu haben, welche sich längst dem stillen Meere von Norden nach Westen, fast wie ein Erdmeridian, hin erstreckt. Halley hatte nämlich keine Beobachtungen auf dem stillen Meere gehabt, daher auch seine Charte auf diesem Theile der Erdfläche keine Abweichungslinien enthält. Im Jahre 1710 aber wurden auf einer Reise nach China auf diesem Meere verschiedene Beobachtungen angestellt, aus welchen de l'Isle diese dritte Linie, wo die Abweichung Null ist, folgerte. In demselben Jahre hatte auch der Engländer a Wooden Rogers [q]) einige Beobachtungen auf dem stillen Meere angestellt, nach welchen bey 14° 24′ nördlicher Breite und 126° 45′ Län-

n) Philosoph. Transact. n. 371.

o) Journal des observations physiques, mathematiques et botaniques. T. I. Paris. 1714. 4.

p) Histoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. an. 1712.

q) Philos. Transact. n. 368.

Länge die Abweichung 40′ gegen Osten; bey 14° 36′ nördlicher Breite aber 50′ gegen Osten, und bey 14° 14′ nördlicher Breite 45′ gegen Osten gewesen war. Hieraus schien also wirklich zu folgen, daß es zwischen der nördlichen Breite von 14° 14′ und 14° 36′ eine Stelle geben müsse, wo die Abweichung Null ist. Diese dritte Linie schien aber das besondere zu haben, daß auf beyden Seiten derselben die Abweichung östlich ist, da die beyden von Halley entdeckten Linien auf der einen Seite eine östliche und auf der andern eine westliche Abweichung besitzen. Musschenbroek muthmaßt, daß diese Linie vielleicht eine Fortsetzung von der ersten Halley'schen seyn möge, welche durch die Bermudischen Inseln, durch Carolina, und den nördlichen Theil von Amerika bis nach Californien geht, wo sie in gerader Linie nach dem Erdäquator herabgehe und als ein Erdmeridian fortlaufe, oder doch wenigstens nicht viel davon abweiche.

Da dieser Gegenstand bis jetzt bey weitem noch nicht zur Gewißheit gebracht worden ist, so halte ich es für nöthig, noch einige Beobachtungen und Bemerkungen, welche von Verschiedenen dieses Zeitraums gemacht worden sind, mit beyzufügen. Der Jesuit Franciscus Noel, welcher nach China und Indien geschickt wurde, hat die Abweichung der Magnetnadel aufs sorgfältigste untersucht r). Anfänglich hat er viele Beobachtungen, welche er zum Theil selbst gemacht, theils von andern hat erhalten können, mit einander verglichen, und geschlossen, daß sich die Abweichung jährlich 9½ bis 10 Minuten ändere. Im Jahre 1668 wich die Nadel zu Lissabon 50 Min. 30 Sek. nach Westen ab; nach Noel sollte sie also nach 15 Jah-

r) Observat. in China et India factae. Cap. VIII. p. 111. sqq.

Jahren daselbst 2° 59 Min. abweichen. Die Beobachtung ergab, daß sie im Jahre 1683 daselbst 3° abwich, und also nur 1 Minute mehr, als Noel's Rechnung angab. Im Jahre 1706 oder 23 Jahre darnach wich sie an demselben Orte 6° 30′ ab; nach Noel's Rechnung sollte sie 6° 38½ Min. abweichen. Eben so war auf dem Vorgebirge der guten Hofnung im Jahre 1667 die Abweichung der Magnetnadel 7° 15′ gegen Westen beobachtet worden. Noel ist viermal hindurch gereiset, und hat dreymal die Abweichung der Magnetnadel beobachtet. Im Jahre 1702 fand er sie 12° 50′, im Jahre 1706 aber 13° 40′ und endlich im Jahre 1708 völlig 14°. Nach seiner Rechnung sollte sie im Jahre 1702 seyn 12° 47½′, im Jahre 1706 aber 12° 28′, und endlich im Jahre 1708 bis 13° 59′, welches mit den Beobachtungen ziemlich zusammenstimmte. Dabey erinnert Noel, daß von dem Hafen zu Lissabon an bis nach Indien die Magnetnadel diese Veränderung ziemlich genau hält, daher die Schiffer voraus wissen, wie sie in einem jeden Orte seyn wird, und daraus die Länder des Orts und wie weit das Schiff vom Lande ist, beurtheilen, wenn nur nicht die Nadel entweder durch die Zeit oder durch andere Zufälle verdorben wird. Nach der Zeit hat er auch den ganzen Lauf der Nadel von dem Hafen zu Lissabon bis nach Indien beschrieben, und die auf dieser Reise angestellten Beobachtungen so wohl für das Jahr 1706 als 1708 mit beygefügt. Sie sind in folgender Tabelle enthalten:

Breite des Orts	Länge des Orts	Abweichung der Nadel im Jahr 1706
Hafen	zu Lissabon	6 Gr. 30 M. West.
18° 20′ Nord.	50 Meilen von Cabo verde	1 — 15 — —
14 - — —	etwas näher dabey	0 — 0 —
4 - — —	2 Grad von der Insel Palma od. Ferro gen Westen	0 — 0 —
Unter der Linie	3 Grad von Palma gen Westen	1 — 30 — Ostw.
7° 28′ Süd.	150 Meilen vom Ufer Brasiliens	3 — 0 — —
11 - 20 — —	in eben der Weite	4 — 0 — —
15 - 55 — —	noch in der Weite	4 — 45 — —
25 - 40 — —	700 Meilen vom Cap der guten Hofnung	3 — 20 — —
27 - 10 — —	600 Meilen von diesem Cap gen Westen	2 — 30 — —
31 - 45 — —	360 Meilen davon	0 — 0 —
33 - 48 — —	250 Meilen davon	4 — 0 — West.
35 - 10 — —	da man dieß Vorgeb. sehen konnte	13 — 40 — —
36 - 40 — —	200 Meilen davon gegen Morgen	18 — 30 — —
35 - 40 — —	250 Meilen davon gegen Morgen	22 — 0 — —
36 - 0 — —	unter d. Meridian des südlichen Vorgebirges d. Insel Madagascar	36 — 0 — —

Breite des Orts	Länge des Orts	Abweichung der Nadel
34° 44′ Süd.	600 Meilen gegen Morgen von dem Cap der guten Hofnung	22 Gr. 0 M. West.
30 - 40 - —	800 Meilen davon	20 — 0 — —
27 - 44 - —	950 Meilen davon	15 — 0 — —
24 - 54 - —	1200 Meilen davon	10 — 0 — —
23 - 8 - —	1300 Meilen davon	8 — 40 — —
19 - 39 - —	1500 Meilen davon	6 — 0 — —
14 - 37 - —	indem man nach Nordost fortgeschifft	2 — 40 — —
4 - 20 - —	30 Meilen von der Insel Sumatra	0 — 0 —
2 - 40 - —	unter dem Meridian der Stadt Achem auf dieser Insel	1 — 30 — West.
Unter der Linie	Unter dem Meridian von Bengalen	3 — 0 — —
4° 50′ Nord.	mitten zwischen vorig. Meridian u. der Morgenseite von der Insel Ceylon,	4 — 0 — —
7 - 50 - —	bey dem Hafen dieser Insel, Baticala.	5 — 0 — —

Breite des Orts	Länge des Orts	Abweichung der Nadel
9° 0' Nord.	an dem Ufer der Stadt Cochim	6 Gr. 20 M. West.
10-30- —	nicht weit von dem Ufer der Stadt Goa	6 — 40 — —

Auf dem Wege der See de la Sonde nach Brasilien im Jahr 1718.

Breite des Orts	Länge des Orts	Abweichung der Nadel
10° 15' Süd.	100 Meilen von d. See de la Sonde	3° 0' West.
13-50- —	180 Meilen davon	4 — 20 — —
16- 0- —	80 Meilen von dieser Beobachtung	7 — 0 — —
18-48- —	144 Meilen davon	9 — 10 — —
21- 4- —	120 Meilen weiter	11 — 20 — —
22- 8- —	40 Meilen davon	11 — 20 — —
24- 8- —	100 Meilen weiter	16 — 50 — —
26-27- —	80 Meilen weiter	19 — 20 — —
28-47- —	240 Meilen weiter	24 — 0 — —
30-12- —	86 Meilen weiter	26 — 16 — —
30-60- —	70 Meilen weiter	24 — 30 — —
31- 0- —	23 Meilen weiter	23 — 0 — —
33-21- —	100 Meilen weiter	20 — 0 — —
35-30- —	180 Meilen weiter	15 — 40 — —
34-50- —	70 Meilen weiter gegen das Cap d. guten Hofnung	14 — 0 — —.
34-45- —	70 Meilen von diesem Cap gegen Brasilien	11 — 0 — —

Breis

Breite des Orts	Länge des Orts	Abweichung der Nadel
30° 4′ Süd.	139 Meilen v. der vorig. Beobacht.	4° 30′ West.
18 - 57 - —	250 Meilen weiter	2 — 0 — Ostw.
13 - 30 - —	320 Meilen weiter	6 — 0 — —
13 - 10 - —	bey dem Hafen der Hauptstadt Baha in Brasilien.	11 — 30 — —

Eine mit Noel beynahe gleiche Veränderung der Abweichung der Magnetnadel schloß Kirch aus seinen zu Berlin gemachten Beobachtungen. Diese waren nämlich folgende:

Jahr		Abweichung der Nadel
1717	um Sommersanfang -	10 Grad 42 Minut.
	26 Novemb. - -	10 — 55 —
1724	13 Aug. - - -	11 — 45 —
1725	14 Juni - - -	11 — 56 —

Aus diesen Beobachtungen bestimmte er die jährliche Veränderung der Nadel auf 9 Minuten 15 Sekunden.

Ferner führt Muller[s]) noch an, daß sein Bruder auf dem Gipfel der Berge in Böhmen und nahe bey Alt-Breisach wahrgenommen habe, daß die Nadel daselbst auf 10, 20, 50, ja 90 Grade mehr abweiche, als am Fuße der Berge, welches auch auf den Bergen in Sachsen beobachtet worden sey.

Es ist aber die Veränderung der Abweichung der Magnetnadel nicht allein jährlich, sondern auch monatlich, ja täglich und stündlich beobachtet worden. Der

s) Colleg. experiment. p. 237.

Der erste, welcher hierauf aufmerksam gewesen zu seyn scheint, war der Pater Guy Tachart [t]). Als dieser nämlich im Jahre 1682 in Gegenwart des Königs von Siam in der Stadt Louvo die Magnetnadel beobachtete, so bemerkte er an einem Tage die Abweichung derselben gegen Osten 16 Minut.; am andern Tage 31 Minut., am dritten 35 Minut., und am 4ten 38 Minut. In andern Tagen desselben Jahrs fand er die Abweichung der Nadel an dem einen Tage 28 Minut., am andern 33 Minut. und am dritten 31 Minuten. Diese sieben Beobachtungen scheinen innerhalb eines Monats angestellt zu seyn.

Viel weiter und genauer beschäftigte sich mit diesem Gegenstande der berühmte Künstler Graham zu London [u]), welcher hierüber ungemein viele Versuche anstellte. Er bereitete sich hiezu sehr genaue, lange und mit dem wirksamsten Magneten bestrichene Nadel, wovon er eine in ein kupfernes, eine andere in ein hölzernes Gehäus einschloß, welches einen in Grade und Minuten getheilten Kreis enthielt. Nachdem er dieß so eingerichtete Instrument auf eine gezogene Mittagslinie gehörig gesetzt hatte, so fand er folgende Resultate.

8ten März 1722	Abweichung der in der kupfernen Büchse eingeschlossenen Nadel		Abweichung der in der hölzernen Büchse eingeschlossenen Nadel			
	Grad.	Min.	Grad.	Minut.	Stund.	Minut.
	14	30	14	25 +	3	0
	14	20	14	20	3	15
	14	15 +	14	10	4	0
	14	20	14	15	4	15

Grad.

t) Itinerarium p. 224. 225.
u) Philos. Transact. nr. 383.

Grad.	Minut.	Grad.	Minut.	Stund.	Minut.
14	25	14	20	5	0
14	25	14	20	5	30
14	15	14	10	5	45
14	0	14	0 —	5	57
14	0 —	13	55	6	8
13	50	13	40	6	15
14	20	14	50 +	6	38
14	0 +	14	0	6	48
14	0	14	0 —	6	54
14	5	14	0 +	7	5
14	10	14	5	7	15
14	0 +	14	0 +	12	0

Das Zeichen + bedeutet etwas mehr, und das Zeichen — etwas weniger.

Hieraus schloß Graham, daß die Abweichung zu allen Zeiten veränderlich sey, und daß fast nicht eine Stunde; ja nicht einmal eine Minute verfließe, wo nicht oft eine Veränderung derselben wahrgenommen werde. Ueberdem erkannte er daraus, daß einerley Nadeln mit demselben Magnet bestrichen eine verschiedene Abweichung zeigten. Indessen veränderte sich die größere und kleinere Abweichung in beyden Nadeln zugleich, nur mit Verschiedenheit; denn bald war in der einen Nadel die Abweichung größer, bald in der andern. Eben so beweisen die Beobachtungen, welche Graham an den darauf folgenden Tagen anstellte, die beständige Veränderung der Magnetnadel:

Abweichung	Grad.	Minut.	Stund.	Minut.
9 März	14	10	9	30
	14	10 +	10	0
	14	10	10	15
	14	10 +	10	30
	14	15	11	0
	14	0	8	15
	14	0	11	50
10 März	14	10 +	10	0
	14	15	11	0
	14	15	12	0
	14	15 +	12	45
	14	15 +	2	0
	14	15	3	30
	14	15 +	4	0
	14	15 −	5	30
	14	10	6	0
	14	0	6	15
	14 −		6	30
	14 +		7	30
	14	5	7	45
	14 +		12	0

Uebrigens bemerkt er, daß er an ein und demselben Orte über tausend Beobachtungen mit Nadeln, die sich alle gleich gewesen wären, gemacht, und beständig eine Veränderung in der Abweichung derselben gefunden habe.

Da man von der Veränderung der Abweichung der Magnetnadel überzeugt war, so fiel man auch auf den Gedanken, Vorrichtungen zu erfinden, welche der Abweichung gar nicht unterworfen wären. Ein zu dieser Absicht eingerichtetes Instrument beschrieben die Mit-

Mitglieder der Pariser Akademie im Jahre 1687 [x]). Es bestand nämlich aus einem eisernen Ringe, aus dessen Umfange nach dem Mittelpunkte drey messingene Nadeln, als Halbmesser, giengen, die daselbst ein kleines messingenes Hütchen, so wie gewöhnlich die Magnetnadeln besitzen, trugen. Wenn nun, meinten sie, dieser eiserne Ring durch Berührung mit dem Magnet magnetisch werde, so werde sich die demselben mitgetheilte magnetische Materie auf beyden Seiten der Pole so gleichförmig vertheilen, daß der Ring auf einer Spitze schwebend seine einmal angenommene Richtung nie würde verändern können. Allein schon du Val machte dagegen die gegründete Einwendung, daß der mitgetheilte Magnetismus in dem Ringe nicht anders als in der gewöhnlichen Magnetnadel wirken könne, und daß daher der Ring eben so gut von den magnetischen Polen der Erde abhange, wie die Magnetnadel.

Was die Neigung der Magnetnadel betrifft, so ist diese noch viel weniger, als die Abweichung derselben, untersucht worden. Die Beobachtungen, welche man über die Neigung der Nadel angestellt hat, sind bey weitem nicht so zahlreich, als die über die Abweichung. Dieß mag wohl daher rühren, weil man die Größe der Neigung auf der Schiffahrt nicht so nothwendig, als die Abweichung, braucht. Denn wenn der Seefahrer unter andere Himmelsstriche kommt, so begnügt er sich, bloß denjenigen Theil, welcher sich mehr oder weniger über den Horizont erhebt, so lange mit etwas Wachs oder dergleichen schwerer zu machen, bis die Nadel sich wieder in der gehörigen horizontalen Stellung zeigt.

Um

x) Acta erudit. Lips. 1700. nr. 292.

Um die Größe der Neigung der Magnetnadel zu beobachten, sind eigene Compasse (Neigungscompasse, inclinatoria) nöthig. Die ersten, welche mit solchen Einrichtungen die Neigung an verschiedenen Orten der Erde beobachteten, waren Noel, Pound, Cunningham, Feuillee, Whiston und Semler. Eine Einrichtung eines Neigungscompasses, welche sehr einfach ist, beschreibt Wolf. Es wird nämlich an einem nicht zu breiten messingenen Ringe ein Haken befestigt, an welchem derselbe frey aufgehangen werden kann. An dem horizontalen Durchmesser des Ringes, welcher die magnetische Mittagslinie vorstellt, werden zwey schmale messingene Streifen angelöthet. Mitten in diesen Streifen werden Lager für die Zapfen der Magnetnadel gemacht, damit sich diese innerhalb denselben frey bewegen kann. Hiebey muß der Mittelpunkt der Nadel, durch welchen die Zapfen hindürchgehen, genau mit dem Mittelpunkte des Ringes zusammenfallen. Uebrigens wird ein jeder Quadrant aufs genaueste in seine 90 Grade getheilt. Um nun die Neigung der Nadel mit Gewißheit zu finden, wird erfordert, daß die Magnetnadel genau im magnetischen Meridian gebracht werde. Man sieht aber sehr wohl, daß sich nicht allein wegen der Reibung der Zapfen auf den Lagern, sondern auch wegen der richtigen Stellung der Nadel Schwierigkeiten finden, welche die beobachteten Neigungen unsicher machen. Die meisten in diesem Zeitraume über die Neigung der Magnetnadel angestellten Versuche sind diesen Fehlern unterworfen.

Noch ehe man Beobachtungen über die Neigung der Magnetnadel anstellte, war man allgemein der Meynung, daß die Nadel unter der Linie horizontal stehe,

stehe, und mithin in dem ganzen südlichen Theile des Erdbodens sich gegen Süden, in dem nördlichen aber gegen Norden neige. Allein alle nachherigen Beobachtungen haben das Gegentheil davon gelehrt. Cunningham's Beobachtungen[y]) enthält folgende Tabelle:

Breite des Orts			Länge des Orts v. St. Jago östl.		Neigung der Nadel mit d. nördl. Spitze	
1 Gr.	26 Min.	Nörd.	6 Gr.	16 M.	8 Gr.	30 Min.
					mit der südl. Spitze	
1 -	46 -	Südl.	5 -	8 -	3 -	30 -
5 -	57 -	-	3 -	54 -	10 -	0 -
15 -	9 -	-	1 -	10 -	19 -	0 -
19 -	14 -	-	1 -	29 -	30 -	0 -
26 -	38 -	-	4 -	9 -	39 -	0 -
31 -	16 -	-	13 -	57 -	42 -	0 -
34 -	59 -	-	33 -	27 -	47 -	0 -
34 -	3 -	-	50 -	36 -	48 -	0 -
			von dem Cap der guten Hofnung			
37 -	41 -	-	19 -	10 -	60 -	0 -
38 -	43 -	-	36 -	20 -	66 -	0 -
38 -	17 -	-	42 -	7 -	69 -	0 -
38 -	30 -	-	52 -	41 -	72 -	0 -
37 -	10 -	-	60 -	54 -	75 -	0 -
36 -	53 -	-	65 -	4 -	70 -	0 -
36 -	56 -	-	71 -	12 -	68 -	0 -
34 -	7 -	-	78 -	32 -	68 -	0 -
30 -	11 -	-	86 -	28 -	68 -	0 -
22 -	49 -	-	91 -	32 -	62 -	0 -
15 -	2 -	-	95 -	42 -	52 -	0 -
8 -	45 -	-	97 -	37 -	46 -	0 -
			in Batavia		40 -	0 -

Brei-

y) Philos. Transact. for the year 1700. nr. 292.

Breite des Orts	Länge des Orts v. Batavia östl.	Neigung der Nadel mit d. südl. Spitze
6 Gr. 12 Min. Südl.	1 Gr. 51 M.	38 Gr. 30 Min.
6 - 35 - -	3 - 49 -	45 - 0 -
6 - 50 - -	5 - 37 -	41 - 0 -
4 - 15 - -	7 - 6 -	40 - 0 -
4 - 1 - -	0 - 13 -	35 - 0 -
	Länge von Neufowndland gen Osten	
1 - 25 - -	0 - 0 -	31 - 0 -
12 - 14 - -	4 - 33 -	5 - 30 -
14 - 5 - -	5 - 38 -	4 - 0 -
21 - 17 - -	7 - 2 -	2 - 30 -
		mit d. nördl. Spitze
22 - 15 - -	7 - 47 -	6 - 0 -
24 - 22 - -	10 - 43 -	12 - 0 -
29 - 6 - -	14 - 49 -	17 - 30 -
30 - 25 - -	14 - 20 -	21 - 0 -

Noel's Beobachtungen, welche er auf seiner Reise nach Indien im Jahre 1706 über die Neigung der Magnetnadel anstellte, sind in folgender Tabelle enthalten:

Breite des Orts	Länge des Orts	Neigung der Nadel unter dem Horizont	Entfernung vom Zenith
48° 40′ Nord.	Lissabon - - -	48° 10′	
18 - 20 - -	50 Meilen von Cabo verde	29 - 0 -	
14 - 0 - -	etwas weniger	25 - 0 -	

Brei-

Breite des Orts	Länge des Orts	Neigung der Nadel unter dem Horizont	Entfernung vom Zenith
13° 12' Nord.	1 Grad weiter gen Abend als die Insel Palma	24° 0'	17° 30'
9- 20- -	unter dem vorigen Meridian	21- 0-	23- 30-
8- 0- -	unter dems. Merid.	19- 0-	26- 0-
5- 5- -	unter dems. Merid.	16- 0-	23- 0-
4- 0- -	unter dems. Merid.	14- 30-	36- 0-
2- 45- -	unter dems. Merid. etwas weiter gen Abend	13- 0-	40- 0-
1- 55- -	noch etwas weiter	12- 30-	44- 30-
unter der Linie	noch weiter gen Abend	10- 30-	49- 30-
1- 30- Südl.	gegen Abend	8- 30-	55- 0-
2- 46- -	- - - - -	5- 30	61- 0-
4- 15- -	- - - - -	3- 30-	78- 0-
6- 30- -	- - - - -	3- 0-	84- 0-
7- 80- -	150 Meilen v. Brasilien gen Abend	5- 0-	90- also horizontal
8- 45- -	- - - -	11- 0-	89- zurück
10- 19- -	- - - -	28- 30-	85- 30-
12- 15- -	- - - -	34- 30-	84- 0-
14- 20- -	- - - -	42- 0-	81- 0-
15- 55- -	- - - - -	49- 0-	79- 0-
17- 15- -	- - - -	51- 30-	77- 0-
18- 24- -	- - - -	53- 30-	76- 0-
20- 22- -	- - - -	56- 0-	74- 0-
22- 25- -	- - - -	54- 30-	72- 0-

Brei-

Breite des Orts	Länge des Orts	Neigung d. Nad. unt. dem Horiz.	Entfernung vom Zenith
24° 20′ Südl.	gen Westen nach dem Cap d. guten Hofn.	64° 0′	70° 0′
25 - 40 - -	700 Meilen davon	67 - 0 -	68 - 30 -
27 - 18 - -	gegen Morgen	71 - 0 -	67 - 0 -
28 - 57 - -	- - - -	74 - 30 -	65 - 30 -
30 - 15 - -	- - - -	76 - 0 -	65 - 30 -
31 - 45 - -	nach Osten 300 Meilen vom Cap	78 - 0	63 - 0 -
32 - 50 - -	- - - -	79 - 0 -	62 - 0 -
33 - 48 - -	- - - -	80 - 0 -	61 - 0 -
34 - 50 - -	- - - -	81 - 30 -	60 - 0 -
35 - 10 - -	da man das Cap sehen konnte	82 - 0 -	59 - 0 -
35 - 40 - -	gegen das Cap -	83 - 0 -	58 - 30 -
36 - 40 - -	gegen Osten -	85 - 0 -	57 - 0 -
36 - 45 - -	- - - -	87 - 0 -	55 - 0 -
36 - 10 - -	- - - -	88 - 0	54 - 0 -
35 - 40 - -	300 Meilen vom Cap gegen Osten	88 - 30 -	53 - 0 -
35 - 40 - -	- -	89 - 0 -	51 - 30 -
36 - 0 - -	unter dem Meridian von Madagascar	89 - 30 -	50 - 0 -
25 - 25 - -	600 Meilen vom Cap der guten Hofnung	90 - 0 -	48 - 30 -
34 - 44 - -	600 Meilen davon	90 - 0 -	46 - 30 -
32 - 10 - -	gegen Osten - -	90 - 0 -	45 - 30 -
31 - 25 - -	- - - -	90 - 0 -	44 - 30 -
30 - 40 - -	600 Meilen vom Cap	90 - 0 -	44 - 30 -
29 - 47 - -	gegen Osten - -	90 - 0 -	44 - 30 -
28 - 15 - -	- - - -	89 - 30 -	
27 - 44 - -	- -	88 über d. Horiz.	45 - 30 -

Breite

Breite des Orts	Länge des Orts	Neigung der Nadel üb. d. Horiz.	Entfernung vom Zenith
26° 10′ Südl.	- -	88° 30′	46° 30′
24 - 54 - -	- -	87 - 30 -	47 - 0 -
23 - 12 - -	- -	87 - 0 -	48 - 30 -
23 - 8 - -	gegen Osten 1300 Meilen vom Cap	86 - 30 -	49 - 0 -
19 - 30 - -	zwischen Norden und Osten 1450 Meilen vom Cap	84 - 0 -	50 - 30 -
18 - 10 - -	gen Java	83 - 0 -	52 - 0 -
16 - 40 - -	gegen Nord Nordost fortgeschifft	82 - 0 -	54 - 0 -
14 - 37 - -	- -	79 - 30 -	56 - 0 -
12 - 0 - -	- -	77 - 0 -	59 - 0 -
10 - 30 - -	- -	75 - 0 -	62 - 30 -
8 - 30 - -	- -	72 - 30 -	65 - 0 -
7 - 40 - -	- -	71 - 0 -	66 - 0 -
4 - 20 - -	gegen Norden	66 - 0 -	68 - 30 -
2 - 40 - -	gegen Nord Nordwest nach der Insel Ceylon	62 - 0 -	70 - 0 -
2 - 10 - -	- -	60 - 30 -	71 - 0 -
unter der Linie	- -	55 - 0 -	73 - 30 -
2 - 0 - Nord.	- -	51 - 0 -	75 - 30 -
4 - 50 - -	- -	42 - 0 -	78 - 30 -
7 - 50 - -	im Hafen Baticala der Insel Ceylon	30 - 0 -	85 - 0 -
12 - 30 - -	am indianischen Ufer	0 - 0 -	die Nadel horizontal

Nach diesen Beobachtungen war also damals die Neigung der Nadel zu Lissabon 48° 10′ nördlich, unter

ter der Linie $10^\circ 30'$, und bey etwa 7° südlicher Breite war sie 0; bey $45^\circ 40'$ südlicher Breite schon 67° südlich, und bey $35^\circ 25'$ südlicher Breite stand die Nadel vertikal. Es scheinen daher Noels Beobachtungen nicht ganz richtig zu seyn. Vermuthlich hat er seine Nadel nicht ganz genau im magnetischen Meridian gebracht, und daher an allen Orten die Neigung derselben viel zu groß gefunden. Seine Beobachtungen stimmen mit andern auch nur an denjenigen Orten überein, wo die Nadel wagrecht bleibt; für welche Orte es aber gleichgültig ist, ob man sie im magnetischen Meridian bringt oder nicht.

Feuillee's Beobachtungen, welche er auf der Reise nach Amerika machte, sind folgende:

Breite des Orts	Länge des Orts	Neigung der Nadel
13° 42′ Südl.	2° 27′ -	7° 14′
14 - 53 - -	5 - 52 - -	22 - 40 -
15 - 11 - -	7 - 31 - -	24 - 0 -
16 - 16 - -	7 - 4 - -	26 - 30 -
17 - 13 - -	7 - 34 - -	28 - 0 -
18 - 10 - -	7 - 52 - -	30 - 45 -
19 - 11 - -	8 - 48 - -	32 - 30 -
20 - 50 - -	9 - 34 - -	36 - 0 -
22 - 30 - -	10 - 1 - -	38 - 15 -
24 - 0 - -	10 - 28 - -	41 - 30 -
27 - 35 - -	13 - 2 - -	44 - 0 -
29 - 2 - -	11 - 43 - -	46 - 0 -
32 - 20 - -	8 - 19 - -	49 - 30 -
35 - 43 - -	6 - 2 - -	53 - 30 -
35 - 48 - -	4 - 27 - -	54 - 15 -
36 - 33 - -	3 - 0 - -	55 - 30 -
36 - 50 - -	2 von der Stadt de la Conception	55 - 45 -

Brei-

Breite des Orts	Länge des Orts	Neigung der Nadel
37° 0′ Südl.	1° 0′	55° 0′
in derselben Stadt		55 - 45 -
eben daselbst		55 - 35 -
noch daselbst		55 - 25 -
in der Stadt Coquimbo		47 - 20 -
eben daselbst		47 - 30 -
in der Stadt Ylo		27 - 45 -

Auch hat Feuillee die Neigung der Magnetnadel in der Stadt de la Conception im Königreiche Chili, deren Länge 75° 22½′, und deren Breite 36° 42½′ ist, das folgende Jahr darauf beobachtet, da sie 65° 30′, mithin 10 Grad größer war, als im vorhergehenden Jahre. Diese beyden Beobachtungen hat er aber mit dem gewöhnlichen Compasse angestellt. Ueberhaupt aber wollte man schon in diesem Zeitraume gefunden haben, daß die Neigung der Nadel an ein und dem nämlichen Orte veränderlich sey. Indessen ist wohl zu merken, daß bey den Beobachtungen über die Neigung der Nadeln weit mehr Schwierigkeiten eintreten, als bey den über die Abweichung. Daher kann man sich auf diejenigen, welche in diesem Zeitraume gemacht worden sind, nicht sicher verlassen. Ueberdem fanden auch schon Whiston und Graham, daß Neigungsnadeln von verschiedener Länge in einerley Zeit und an einerley Ort verschiedene Neigungen gaben. So beobachtete ersterer mit einer 1 Fuß langen Neigungsnadel zu London die Neigung 73° 45′, welche eine andere 4 Fuß lange Neigungsnadel 75° 10′ gab. Demungeachtet wollte Graham[z]) sogar tägliche Ungleichheiten in der Neigung der Magnetnadel gefunden haben. Er verfertigte sich nämlich eine 1 Fuß lange Nei-

z) Philosoph. Transact. n. 389.

Neigungsnadel, mit welcher er sehr viele Beobachtungen in einer langen Reihe auf einander folgender Tage im Jahre 1723 angestellt hatte. Einige von diesen sind folgende, wobey die Zeichen v. M. und n. M. die Ausdrücke vor Mittag und nach Mittag bedeuten.

	Grad.	Minut.	Stunde.	Minut.
29 März	75 -	0 -	10 -	0 v. M.
	74 -	53 -	4 -	15 n. M.
30 März	74 -	55 -	1 -	0 - -
	74 -	50 -	4 -	0 - -
1 April	74 -	25 -	6 -	45 v. M.
	74 -	20 -	9 -	0 - -
3 April	74 -	20 -	9 -	30 - -
	74 -	50 -	4 -	15 n. M.
4 April	74 -	55 -	10 -	0 v. M.
	74 -	50 -	11 -	15 - -
	74 -	40 -	12 -	44 - -
	74 -	35 -	7 -	30 n. M.
5 April	74 -	40 -	9 -	15 v. M.
	74 -	30 -	8 -	15 n. M.
6 April	74 -	35 -	10 -	0 v. M.
7 April	74 -	35 -	10 -	20 - -
8 April	74 -	40 -	12 -	15 - -

Ehe noch die Neigungsnadel den Winkel zeigt, welcher die Neigung angiebt, macht sie vorher Schwingungen, wie ein Pendel, das hin und her schwingt. Graham war hierauf vorzüglich aufmerksam, indem er die Anzahl der Schwingungen in einer gewissen Zeit bemerkte, um daraus zu ersehen, ob sich nicht vielleicht ähnliche Schlüsse, wie beym Pendel, machen ließen. Allein er fand, daß die Schwingungen ein und derselben Neigungsnadel zu verschiedenen Zeiten sehr

sehr ungleich waren, und daß daher die magnetische Kraft der Erde bey weitem nicht so beständig sey, wie die Kraft, durch welche das Pendel in Schwungbewegung versetzt wird. Seine Versuche, welche er mit der 1 Fuß langen Neigungsnadel, die in einem Bogen von 10 Graden zu schwingen anfieng, machte, sind folgende:

1723	Schwingungen	Zeit Min.	Sek.
1 April	die ersten 50 - -	3 -	2
	die letzten 50 - -	2 -	45
2 April	die ersten 50 - -	3 -	3
	die letzten 50 - -	2 -	43
3 April	die ersten 50 - -	2 -	52
	die letzten 50 - -	2 -	39
an demselb. Tage	die ersten 50 - -	2 -	53
nach 1 Stunde	die letzten 50 - -	2 -	35
4 April	die ersten 50 - -	2 -	45
	die letzten 50 - -	2 -	30
28 April	die ersten 50 - -	2 -	48
	die letzten 50 - -	2 -	16
an demselben	die ersten 50 - -	2 -	47
Tage	die letzten 50 - -	2 -	16
20 May	die ersten 50 - -	3 -	11
	die letzten 50 - -	3 -	1

Nachdem er die Nadel von neuem mit dem Magneten bestrichen:

	die ersten 50 - -	2 -	38
	die letzten 50 - -	2 -	23
an demselb. Tage	die ersten 50 - -	2 -	38
nach 1 Stunde	die letzten 50 - -	2 -	20
21 May	die ersten 50 - -	2 -	41
	die letzten 50 - -	2 -	28

1723	Schwingungen		Zeit Min.	Sek.
23 May	die ersten 50	- -	2 -	40
	die letzten 50	- -	2 -	27
25 May	die ersten 50	- -	2 -	41
	die letzten 50	- -	2 -	30
27 May	die ersten 50	- -	2 -	41
	die letzten 50	- -	2 -	28

Ueberdem hatte auch Whiston *) wahrgenommen, daß eine längere Nadel ihre Schwingungen langsamer vollbringe, als eine kürzere. Aus allen diesen machte man die Folge, daß die magnetische Kraft zu verschiedenen Zeiten sehr ungleich auf den Magnet und auf das Eisen wirke.

Auch wurde bemerkt, daß die Schwingungen ein und derselben Neigungsnadel viel langsamer erfolgten, wenn die Magnetnadel nicht genau in den magnetischen Meridian gebracht ward. Hiebey bewieß Whiston den Satz, daß die Größe der magnetischen Kraft, welche eine in verschiedenen Vertikalebenen schwingende Neigungsnadel beschleunigt, beständig im Verhältnisse des Cosinus der von den Vertikalebenen mit dem magnetischen Meridiane über dem Horizont gemachten Winkeln sey. Er versichert, daß er diesen Satz durch Versuche zu allen Zeiten vollkommen bestätigt gefunden habe.

Daß die magnetischen Erscheinungen, mithin auch die Neigung der Nadeln, vom Magnetismus unserer Erde abhangen, hätte bereits Gilbert gelehrt, und alle nach ihm folgende Naturphilosophen haben sie davon abzuleiten gesucht. Hierauf beruht auch der Ge-

*) Trait. of the dipping needle.

Gebrauch der so genannten Terellen; indem man der Meynung war, daß alles, was im Großen statt finde, auch bey einer Terelle statt finden müsse. Allein Musschenbroek bemerkte schon, daß zwischen der Terelle und unserer Erde ein großer Unterschied obwalte, und die Versuche mit der Terelle ganz verschiedene Resultate von den aus den Beobachtungen auf der Erde gezogenen geben müßten. Indessen lehren doch die Versuche im Kleinen mittelst der Terelle, daß der Magnetismus der Erde die alleinige Ursache der Neigung sey. Daher bleibt es immer auch nützlich, die Erfahrungen derjenigen zu kennen, welche sich mit dergleichen Versuchen beschäftigt haben. Musschenbroek hat sie in eine Tabelle zusammengestellt, die ich hier mittheile.

Höhe des Nordpols und Entfernung vom Pole des Magneten	Neigung der Magnetnadel unter dem nördlichen Horizont des Magneten nach Gilberts u. Cabäus Versuchen	nach Grandami's Versuchen	nach Whistons Versuchen
5° 0′	11° 0′	21° 0′	- -
9 - 0 -	- -	- -	25° 50′
10 - 0 -	20 - 35 -	35 - 0 -	- -
15 - 0 -	30 - 25 -	44 - 0 -	- -
18 - 0 -	- -	- -	36 - 52 -
20 - 0 -	37 - 35 -	51 - 0 -	- -
22 - 30 -	- -	- -	41 - 24 -
25 - 0 -	44 - 55 -	56 0 -	- -
27 - 0 -	- -	- -	45 - 34 -
30 - 0 -	51 - 8 -	60 - 0 -	- -
35 - 0 -	57 - 20 -	63 - 0 -	- -
36 - 0 -	- -	- -	53 - 7 -
40 - 0 -	62 - 45 -	66 - 0 -	- -
45 - 0 -	67 - 50 -	69 - 0 -	60 - 0 -
50 - 0 -	71 - 40 -	72 - 0 -	- -
54 - 0 -	- -	- -	60 - 20 -

Höhe des Nordpols und Entfernung vom Pole des Magneten	Neigung der Magnetnadel unter dem nördlichen Horizont des Magneten		
	nach Gilberts u. Cabäus Versuchen	nach Grandamici's Versuchen	nach Whistons Versuchen
55° 0′	76° 0′	74° 30′	- -
60- 0-	78- 30-	77- 0-	- -
63- 0-	- -	- -	72° 32′
65- 0-	81- 30-	79- 30-	- -
67- 30-	- -	- -	75- 30-
70- 0-	84- 0-	82- 0-	- -
72- 0-	- -	- -	78- 28-
75- 0-	86- 30-	84- 0-	- -
80- 0-	88- 5-	86- 0-	- -
81- 0-	- -	- -	84- 15-
85- 0-	89- 0-	88- 0-	- -
90- 0-	90- 0-	90- 0-	90- 0-

Auch hatten in diesem Zeitraume die Seefahrer die erstaunende Wirkung des Blitzes auf die Magnetnadel wahrgenommen, da nämlich durch ihn die Nadel in ihrer Richtung umgekehrt ward, so daß aus dem Südpole der Nordpol wurde. Dergleichen Beobachtungen finden sich in den philosophischen Transactionen (nr. 127. n. 157.).

Ferner stellte de la Hire [i]) verschiedene Versuche mit Magnetnadeln an, um ihre Wirkung gegen einander zu erforschen, wenn die eine in den Wirkungskreis der andern gebracht ward. Zu dem Ende nahm er eine Büchse, die gewöhnlich zum Compasse dient, und welche mit einem in 360 Grade getheilten kupfernen Ring versehen war; in der Mitte dieser Büchse spielte auf einer Spitze eine $3\frac{1}{2}$ Zoll lange Magnetnadel. Die so eingerichtete Büchse drehte er so lange, bis die Nadel genau auf 360 Grade spielte; alsdann verschloß er sie mit einer dünnen Glasplatte, und leg-

te

i) Mémoir. de l'Acad. roy. des scienc. de Paris. 1692.

te auf diese eine andere der in der Büchse schwebenden vollkommen gleiche Nadel so, daß ihre Spitze nach Norden zeigte, und der Länge nach genau über der Nadel in der Büchse sich befand. Auf solche Art war also die auf die Glastafel gelegte Nadel völlig unbeweglich. Nachdem er nun die Spitze der schwebenden Nadel in der Büchse gegen Westen geführt und sich frey überlassen hatte, so blieb sie nach einigen Schwingungen auf dem 42ten Grade gegen Westen unbeweglich stehen.

Nachher führte er die nördliche Spitze der Nadel in der Büchse gegen Osten, und hier blieb sie nach einigen Schwingungen auf dem 41sten Grade gegen Osten unbeweglich.

Hierauf nahm er die Nadel auf der Glasplatte hinweg, und die schwebende Nadel gieng wieder zurück auf den 360sten Grad. Nun legte er wieder eine andere Nadel auf die Glasplatte, so daß die nördliche Spitze gen Westen gerichtet war, und folglich beyde Nadeln einander unter rechten Winkeln schnitten; hier wurde die nördliche Spitze der schwebenden Nadel auf den 13ten Grad gegen Osten gezogen.

Wiederum ward die obere Nadel vom Glas weggenommen, und, nachdem die Nadel in der Büchse still stand, eine andere Nadel auf das Glas so gelegt, daß nunmehr die nördliche Spitze gegen Osten zeigte; alsdann wurde die nördliche Spitze der schwebenden Nadel auf den 13ten Grad gegen Westen bewegt.

Da also bey diesem letzten Versuche die nördliche Spitze in der Büchse von der südlichen Spitze der obern Nadel um 77 Grade abstand, so führte er die südliche Spitze der letztern um 10 Grad gegen die nördliche Spitze der beweglichen Nadel; alsdann näherte sich diese der unbeweglichen Nadel um 5 Grade.

Wenn die obere Nadel mit ihrer südlichen Spitze noch um 5 Grade weiter gegen die nördliche Spitze der schwebenden Nadel gebracht ward, alsdann näherte sich diese der erstern plötzlich, so daß beyde Nadeln unmittelbar über einander gestellt zu seyn schienen; ja die Spitze der Nadel in der Büchse ward bis zur Berührung des Glases in die Höhe gezogen.

Hiernächst stellte er auch einige Versuche mit zwey Nadeln an, welche beyde schwebend auf Spitzen ruhten. Hier stellte er die Nadeln so über einander, daß ihre Spitzen in einer Entfernung von 10 Linien von einander in einer vertikalen Linie lagen; alsdann richteten sich beyde Spitzen der Nadeln gegen eine gewisse nördliche Gegend, so daß beyde Nadeln nicht vollkommen mit einander parallel waren, sondern die eine um eben so viel von Norden gegen Osten abwich, als die andere gegen Westen.

Hierauf wurden beyde Nadeln auf niedrigere Spitzen gebracht, so daß sie einander näher wie im vorhergehenden Versuche kamen, und nur $\frac{4}{12}$ eines Zolles von einander abstunden. Als er nun beyde Spitzen zusammen gerade nach Norden führte, und sie alsdann frey ließ, so giengen sie um 46 Grade aus einander, und wenn sich die eine gegen Osten richtete, so richtete sich die andere gegen Westen.

Wenn die südliche Spitze der einen Nadel über die nördliche Spitze der andern gebracht ward, so zogen sie sich einander an, und blieben unbeweglich an derjenigen Stelle, wo sie sich mit einander vereinigt hatten, und wurden auf solche Art nicht nach Norden und Süden gerichtet.

Wenn beyde Nadeln zuerst geschwind in Umlauf gebracht, nachher sich frey überlassen wurden, so kamen sie nicht eher zur Ruhe, als bis der Nordpol der

einen Magnetnadel sich mit dem Südpole der andern vereinigt hatte.

Noch sind einige merkwürdige Beobachtungen, welche ein Seefahrer [c]) auf einer Reise im Jahre 1684 gegen die Linie an verschiedenen Orten der Erdfläche machte, und welche die verschieden wirkende magnetische Kraft unserer Erde unläugbar beweisen, anzuführen. Dieser Seefahrer hatte nämlich Eisenstäbe dadurch ursprünglich magnetisch gemacht, daß er sie in eine auf den Horizont senkrechte Stellung gebracht hatte. Wenn er nun die Enden dieser magnetisch gewordenen Eisenstäbe gegen ein und denselben Pol einer Magnetnadel an verschiedenen Orten der Erde brachte, so fand er die Wirkung der leztern auf die Eisenstäbchen ungemein verschieden.

1. Von England aus bis auf 10 Grad nördlicher Breite zog der nördliche Theil der Magnetnadel das obere Ende des magnetischen Eisenstäbchens an, und der südliche Theil der Nadel das untere Ende des Eisenstabes.

2. Bey der nördlichen Breite von 9 Grad 42 Minut. und bey der Länge von Lizard gegen Westen zog das untere Ende des Eisenstäbchens den Südpol der Magnetnadel sehr stark an; dagegen zog der Nordpol der Magnetnadel das obere Ende des Stabes nicht so stark, wie vorher.

3. In der nördlichen Breite von 4° 33′ bey 5° 18′ Länge von Lizard gegen Westen fieng der nördliche Theil der Nadel von dem untern Ende des Stäbchens abzuweichen an, und der südliche Theil der Nadel neigte sich stärker gegen den untern Theil des Eisenstäbchens.

4.

c) Philos. Trans. n. 177.

4. Bey 0° 52′ südlicher Breite und 11° 52′ Länge von Lizard gegen Westen wurde der Nordpol der Magnetnadel weder von dem obern, noch von dem untern Ende des Eisenstäbchens angezogen; aber der Südpol der Nadel neigte sich gegen das obere Ende des Stabes, wiewol nur mit geringer Kraft.

5. Bey 5° 17′ südlicher Breite und 15° 9′ Länge von Lizard gegen Westen neigte sich der Südpol der Nadel gegen den untern Theil des Stäbchens, zog jedoch nicht den untern Theil des Stabes an, welcher auch nicht von dem Nordpole der Nadel angezogen wurde. Wenn aber der Eisenstab in eine mit dem Erdmeridian parallele Lage gebracht ward, dann wendete sich der Nordpol der Nadel gegen das südliche Ende des Eisenstäbchens.

6. Bey 8° 17′ südlicher Breite und 17° 35′ Länge von Lizard gegen Westen zog der nördliche Theil der Nadel den obern Theil des Stäbchens nicht an, sondern floh ihn vielmehr; dagegen ward der Südpol der Nadel etwas von dem untern Theile des Stäbchens angezogen. Wenn der eiserne Stab über der Nadel so gestellt ward, daß sein oberes Ende gegen den Südpol des Himmels gerichtet war, das untere aber gegen den Nordpol, so zog der nördliche Theil der Nadel das untere Ende des Stäbchens, und folgte dessen Bewegung; ward aber das Stäbchen in eine horizontale Lage gebracht, so waren die Erscheinungen, wie nr. 5.

7. Bey 15° südlicher Breite, und 20° Länge von Lizard gegen Westen fieng der nördliche Theil der Nadel das obere Ende des Eisenstäbchens zu ziehen an, und der nördliche Theil der Nadel das untere Ende des Stäbchens; bey horizontaler Stellung des Eisenstäbchens aber zog der Nordpol der Nadel den südlichen Theil des Eisenstabes.

8.

8. Bey 20° 20′ südlicher Breite und 19° 20′ Länge von Lizard gegen Westen zog der Südpol der Nadel den obern Theil des Eisenstabes, und der Nordpol der Nadel das untere Ende des Stabes sehr stark. Dieß nämliche hatte auch statt

9. Bey 29° 25′ südlicher Breite und 13° 10′ Länge von Lizard gegen Westen.

Meynungen über die Ursache des Magnetismus.

Cartesius war der erste, welcher die magnetischen Erscheinungen von einer eigenen Materie ableitete. Er stellte sich nämlich die Theilchen dieser Materie wie kleine feine Schräubchen oder Spiralen vor, welche aus dem einen Pol in den andern überströmten (Th. II. S. 255. f.). Nach Cartesius haben alle eine eigene magnetische Materie angenommen, um die magnetischen Erscheinungen zu erklären, ob sie sich gleich nicht, wie jener, die Theilchen derselben wie Schräubchen geformt vorstellten.

Dalencé d) sucht die magnetischen Phänomene aus folgender Hypothese abzuleiten. Er nimmt nämlich an, daß unsere Erde sammt den übrigen Planeten im großen Weltwirbel jährlich um die Sonne geführt werde, und sich täglich um ihre eigene Axe drehe, wobey unaufhörlich aus ihren Polen eine ungemein feine und unsichtbare Materie ausströme, welche in einer beständigen Bewegung durch und um sie geführt werde, so daß sie aus dem einen Pol aus- und in den entgegengesetzten eingeht, mitten durch die Erde in Gängen, die mit der Erdaxe parallel sind, sich durchbewegt, und aus dem ersten Pol wieder ausströmt. Die Durchgänge durch die Erde stellte er sich mit Fasern oder Klappen versehen vor, welche die durch,

d) Traité de l'aimant. à Amst. 1687. 12.

durchströmende Materie nur nach der einen Richtung durchließen, nach der entgegengesetzten Richtung aber ihr den Weg verschlössen. Eine gleiche Bewandniß habe es auch mit dem Magneten; denn wenn dieser auch aus dem Schooße der Erde hervorgebracht werde, so behalte er dieselben Durchgänge, wie in der Erde, durch welche die magnetische Materie noch eben so frey durchströmen könne, und ahme insofern die Natur der Erde nach. Auch in dem Stahle und Eisen gedenkt er sich ähnliche Durchgänge, welche mit den feinsten metallischen Theilchen angefüllt sind, die sich ebenfalls wie Fäden aufrichten und der Länge nach legen können, jedoch mit einiger Veränderung, als in der Erde und im Magneten, indem bey diesen die Fäden sich nur nach der einen Seite hin legten, beym Eisen und Stahle aber auf beyden Seiten niedergebeugt würden. Nach diesen Voraussetzungen erklärt er die Richtung der Pole eines Magneten gegen die Pole der Welt auf diese Art: die magnetische Materie, welche unaufhörlich um die Erde sich bewegt, wird um den Magnet so lange herum fließen, bis seine Durchgänge mit der Richtung ihrer Bewegung parallel werden; in dieser Lage werden sie alsdann wegen der fortwährenden Durchströmung der magnetischen Materie beständig verbleiben. Die Mittheilung der magnetischen Kraft im Eisen durch Streichen mit dem Magnete geschieht so: wenn der Pol des Magneten über das Eisen hinweggeführt wird, so werden die Fasern in den Durchgängen des Eisens so geordnet, daß die magnetische Materie in selbigen wie in einem neuen Magnete sich frey bewegen kann. Auf eine ähnliche Art sucht er die übrigen magnetischen Erscheinungen zu erklären, z. B. warum der Magnet nicht allein das Eisen, sondern auch einen andern Magnet anzieht; war-

um der eine Pol des einen Magneten den gleichnamigen Pol des andern abstößt, den ungleichnamigen hingegen anzieht; warum eine Stahlnadel an den einen Pol eines Magneten gebracht den entgegengesetzten Pol desselben flieht; warum ein armirter Magnet stärker zieht; warum gewisse Körper, z. B. Kreuze auf der Spitze der Kirchthürmer, Feuerzangen u. d. gl. mit der Zeit ursprünglich magnetisch werden u. s. w. Bloß von der Abweichung der Nadel konnte er aus seiner Hypothese keine genugthuende Erklärung geben. — Ueberhaupt hat aber auch diese den mehrsten Physikern dieses Zeitraums am meisten zu schaffen gemacht. —

Hartsöker[e]) sucht die Erscheinungen des Magnetismus aus folgender Hypothese herzuleiten. Er setzt voraus, daß der Magnet ein gewöhnlicher aus unendlich vielen feinen Prismen zusammengesetzter Stein sey. Diese Prismen haben sich durch den täglichen Umschwung unserer Erde in eine solche Lage versetzt, daß sie alle unter sich, und beynahe mit der Erdaxe parallel sind. Sie enthalten in ihren Canälen eine feine magnetische Materie, welche sich wegen der täglichen Umdrehung der Erde aus dem einen Prisma in das andere begiebt, bis sie von dem letztern aus sich wieder zurück durch die nämlichen Oefnungen, wie vorwärts, bewegt, und auf solche Art in einer beständigen umlaufenden Bewegung sich befindet. Hieraus erklärt er nun die vorzüglichsten magnetischen Erscheinungen.

Mit Aufsuchung der physischen Ursache über die Abweichung und deren Veränderung der Magnetnadel hat sich besonders la Montre[f]) beschäftigt. Es hatte

e) Principes de physique. à Paris 1696. 4.

f) La cause physique de la déclinaison et variation de l'aiguille aimantée, im Journal des savans. T. XXIV. p. 572. sqq.

hatte nämlich Heinrich Bond aus seinen in England angestellten Beobachtungen geschlossen, daß der magnetische Pol der Erde um den Erdpol nach einer langen Reihe von Jahren einen Umlauf mache, und dabey bemerkt, daß, wenn man die Zeit wüßte, zu welcher an einem Orte die größte Abweichung statt finde, und zu welcher der magnetische Meridian mit dem Meridiane des Orts zusammenfiele, man alsdann die Zeitdauer des Umlaufs des magnetischen Pols um den Erdpol bestimmen, und die Größe der Abweichung der Nadel an demselben Orte für jedes Jahr vorhersagen könne. La Montre glaubte nun in Bond's Bemerkungen Wahrheit zu finden, und war bloß darum bekümmert, die physische Ursache davon aufzusuchen. Wenn man, sagt er, annehme, daß die Erde keine andere Bewegung besitze, als die tägliche Umdrehung um ihre Axe von Westen nach Osten, so werde die feine Materie (Cartesens erstes Element) der Schnelligkeit, womit sie sich umdrehe, nicht folgen können, und sich daher auf eine entgegengesetzte Art, d. i. von Osten nach Westen zu bewegen scheinen. Stelle man sich nun ferner vor, daß die tägliche Bewegung der Erde um ihre Axe aufhöre, und nehme dagegen an, daß sie bloß einen jährlichen Umlauf von Osten gegen Westen um eine auf der Ebene der Ekliptik senkrechte Axe mache, so werde auch hier die feine Materie, welche die Erde umgebe, ihrer Bewegung nicht folgen können, und daher von Osten nach Westen sich zu bewegen scheinen. Bey der Voraussetzung der beyden Bewegungen der Erde, der täglichen und jährlichen, gebe es aber daher zwey Axen, um welche die feine Materie umlaufe. Da nun die Richtung der Bewegungen verschieden wäre, so entstehe daraus eine mittlere zusammengesetzte Bewegung der feinen Materie; woraus folge, daß die

Axe,

Axe, um welche die feine Materie ihren Umlauf mache, zwischen den Axen der täglichen und der jährlichen Umdrehung liege, und gegen den Aequator der Erde eine schiefe Lage besitzen müsse.

Die Materie des großen magnetischen Wirbels, welche von einem Pole der Erde zum andern durchströme, folge der nämlichen Bestimmung, welche sich in der feinen Materie finde, bewege sich daher mit ihr von Osten nach Westen, und habe die nämliche Axe und denselben Aequator, welche man die magnetische Axe und den magnetischen Aequator nennen könne. Auf solche Art sey es nun leicht zu begreifen, daß die Durchschnitte des magnetischen Aequators und des Erdäquators, oder die magnetischen Knoten, sich ebenfalls von Osten nach Westen fortbewegen müßten, und in andere und andere Punkte des Erdäquators fielen. Wenn daher einer von den beyden magnetischen Knoten einmal in einen gewissen Erdmeridian, dem ersten, fallen würde, so würde er einige Jahre darauf in den 359ten Erdmeridian treten, und nach einer gleichen Zeit in den 358ten u. s. f., bis endlich der nämliche magnetische Knoten zum ersten Meridian zurückkäme. Dieß könne aber erst nach mehreren Jahrhunderten wegen der langsamen Bewegung der magnetischen Materie um ihre Axe erfolgen. Hieraus folge, daß die magnetische Axe während dieser Umlaufszeit zwey entgegengesetzte Kegel beschreiben würde, welche ihre gemeinschaftliche Spitze im Mittelpunkte der Erde, und zu Mittelpunkten ihrer Grundflächen die beyden Erdpole hätten.

Während eines Umlaufs der magnetischen Knoten müsse also die Magnetnadel an ein und demselben Orte der Erde zweymal in seinen Meridian fallen, und die Abweichung derselben Null machen, einmal nämlich, wenn der Nordpol des Magnets auf der einen Seite,

und das andere mal, wenn er auf der entgegengesetzten Seite durch den Meridian des Ortes sich schiebe. Wenn daher z. B. der Nordpol des Magnets durch den Pariser Meridian gegangen sey, so müsse sich der Nordpol der Magnetnadel gegen Nordwest wenden, und ihre Abweichung beständig größer werden. Eben so müsse nach einer langen Reihe von Jahren die Abweichung der Nadel sich weder vergrößern noch vermindern, und gleichsam stille zu stehen scheinen, nach der Zeit aber wieder abnehmen u. s. f.

Dieß ist nun nach la Montre die allgemeine Ursache der Abweichung der Magnetnadel und ihrer Veränderung. Allein er meint, daß es auch noch eine besondere Ursache geben könne, welche sehr beträchtliche Abänderungen in der Abweichung der Nadel bewirken könne. So gebe es an verschiedenen Orten der Erde ungeheure Magnetmassen, welche nothwendig die Wirkung der allgemeinen Ursache verändern müßten.

Eine andere Hypothese, welche von der des Cartesius wenig verschieden ist, trägt Philipp Villemot g) vor. Sonst erklärt er die magnetischen Erscheinungen daraus weiter nicht, und ist schon zufrieden, eine Ursache über die Abweichung der Magnetnadel anzuführen, welche die meisten Naturphilosophen dieses Zeitraums beschäftigten. Er giebt sich sehr viele Mühe, zu zeigen, daß der doppelte Wirbel der magnetischen Materie Spirallinien beschreibt, welche, indem sie aus jedem Pole gegen Osten hin fließt, unter dem Aequator eine der andern widersteht; woraus folge, daß, alle besondere Ursache bey Seite gesetzt, die Nadel mit ihrer nördlichen Spitze disseits des Aequators gegen Westen, und jenseits des Aequators mit ihrer süd-

g) Nouveau systeme ou nouvelle explication du mouvement des planetes. à Lyon. 1707. 12.

südlichen Spitze abweichen, und daß die beyden Spitzen unterm Äquator gerade zu nach den Erdpolen gerichtet seyn müßten.

Es würde unnöthig seyn, noch mehrere Hypothesen anzuführen, aus welchen man die magnetischen Erscheinungen zu erklären versucht hat, indem bey allen eine magnetische Materie angenommen wird, welche aus dem einen Pol in den andern übergeht, und sich im Wirbel um den Magneten herum bewegt. Wem an Erklärungen der Erscheinungen des Magnetismus aus solchen Hypothesen gelegen ist, der findet hinreichenden Unterricht vorzüglich in den Pariser Mémoires. Die angeführten Hypothesen zeigen schon zur Genüge, wie man über die merkwürdigen Erscheinungen des Magnetismus in diesem Zeitraume urtheilte.

Verzeichniß der Naturforscher, welche im dritten Theile vorkommen.

Italien.

Balbi (Paul) (geb. 1693.)
Beccari (Jakob Bartholomäus) (geb. 1682.)
Galeati (Laurentius) (florirte am Ende des 17ten Jahrhund.)
Lancisi (Johann Maria) (geb 1654. gest. 1720.)
de Lanis (Franciscus Tertius) (geb. 1631. gest. 1687.)
Marsigli (Ludovic. Ferdin.) (geb. 1658. gest. 1730.)
Poli (Martino) (geb. 1662. gest. zu Paris 1714.)
Rizetti (Johann) (lebte im 17ten Jahrhundert.)

Frankreich.

Amontons (Willhelm) (geb. 1663. gest. 1705.)
Bourguet (Ludwig) (geb. 1685 gest. 1742.)
Bourzes (florirte zu Ende des 17ten Jahrhund.)
Cassini (Jakob) (geb. 1677. gest. 1756.)
Carré (Ludwig) (geb. 1663. gest. 1711.)
Cassegrain (florirte in der Mitte des 17ten Jahrhund.)

Cavalerie (Anton) (geb. 1698 starb in einem hohen Alter.)
Chovin (Stephan (geb. 1640. gest. 1725.)
de Courtivron (florirte in der andern Hälfte des 17ten Jahrh.)
Dalencé (lebte zu Ende des 17ten Jahrhund.)
Dutal (florirte zu Ende des 17ten Jahrhund.)
Estienne (Canonicus zu Chartres) (florirte am Ende des 17ten Jahrhund.)
Fabri (Honoratus) (geb. 1607.)
du Fay (Carl Franc. de Cisternay) (geb. 1672. gest. 1731.)
Feuillée (Ludwig) (gest. 1732.)
Gauteron (florirte zu Anfange des 18ten Jahrhund.)
Geoffroy (Stephan Francisc.) (geb. 1672. gest. 1731.)
Gouye (Thomas) (geb 1650. gest. 1725.)
Grollet (lebte zu Ende des 17ten Jahrhund.)
Hautefeuille (Johann) (geb. 1647. gest. 1724.)
de la Hire (Philipp) (geb. 1640. gest. 1718.)
de la Hire (Philipp der Sohn) (geb. 1677. gest. 1719.)
Homberg (Willhelm) (geb. 1652. gest. 1715.)
de l'Isle (Joseph Nicolaus) (geb. 1688. gest. 1768.)
Lemery (Nicolaus) (geb. 1645 gest. 1715.)
de Louville (Eugen) (gest. 1732.)
Maraldi (Jakob Philipp) (geb. 1665. gest. 1729.)
de Mairan (Dortus) (florirte in der ersten Hälfte des 18ten Jahrhund.)
Mariotte (Edmund) (gest. 1684.)
Mery (Johann) (geb. 1645 gest. 1722.)
la Montre (florirte in der letzten Hälfte des 17ten Jahrh.)
Pardies (Ignaz Gasten) (geb. 1636 gest. 1673.)
Pecquet (Johann) (lebte im 17ten Jahrhund.)
Petit (Peter) (geb. 1598. gest 1667.)
Perrault (Claudius) (geb. 1613. gest. 1688.)
Picard (Johann) (gest. 1685.)
Polynier (florirte zu Anfange des 18ten Jahrhund.)
de Reaumûr (florirte in der ersten Hälfte des 18ten Jahrh.)
Rohault (Jakob) (gest. 1675.)
Sedileau (florirte in der andern Hälfte des 17ten Jahrhund.)
Teinturier (florirte zu Anf. des 18ten Jahrh.)
Vallemont (lebte am Ende des 17ten Jahrhund.)
Varignon (Peter) (geb 1654 gest. 1722)
Willemot (Philipp) (geb. 1650 gest. 1713.)

England.

Adams (John) (florirte zu Anfange des 18ten Jahrh.)
Baker (Heinrich) (gest. 1774.)

Bar-

Barrow (Isaak) (geb. 1630. gest. 1677.)
Beigthon (Heinrich) (zu Anf. des 18ten Jahrh.)
Bond (Heinrich) (zu Ende des 17ten Jahrh.)
Bosfrand (zu Anfange des 18ten Jahrh.)
Cunningham (zu Ende des 17ten Jahrh.)
Derham (Willhelm) (geb. 1657. gest. 1735.)
Desaguliers (Johann Theophilus) (geb. 1680. gest. 1740.)
Folkes (Martin) (geb. 1690. gest. 1754.)
Gould (am Ende des 17ten Jahrhund.)
Graham (George) (gest 1751. im 78ten Jahre seines Alters.)
Gray (Stephan) (florirte in der ersten Hälfte des 18ten Jahrh.)
Gregory (David) (gest. 1708.)
Hadley (florirte in der ersten Hälfte des 18ten Jahrhund.)
Halley (Edmund) (geb 1656. gest. 1725.)
Hawksbee (Franc.) (florirte zu Anfange des 18ten Jahrhund.)
Hooke (Robert) (geb. 1636. gest. 1703.)
Langwith (zu Anf. des 18ten Jahrh.)
Lister (Martin) (lebte am Ende des 17ten Jahrh.)
Lowthorp (zu Anfange des 18ten Jahrh.)
Mayow (Johann) (geb 1645. gest. 1697.)
Molineux (florirte zu Ende des 17ten Jahrh.)
Newton (Isaak) (geb. 1642. gest. 1726.)
Pinker (zu Anfange des 18ten Jahrh.)
Pound (lebte im 17ten Jahrhundert.)
Savery (Thomas) (lebte in der letzten Hälfte des 17ten Jahrh.)
Slare (florirte am Ende des 17ten Jahrh.)
von Stair (Willhelm) (am Ende des 17ten Jahrh.)
Townley (im Anf. des 18ten Jahrh.)
Wall (am Ende des 17ten Jahrh.)
Wallis (Johann) (geb. 1616. gest. 1703.)
Whiston (Willhelm) (florirte am Ende des 17ten und zu Anf. des 18ten Jahrh.)
Wilson (in der ersten Hälfte des 18ten Jahrh.)

Deutschland.

Algöwer (florirte zu Anfange des 18ten Jahrh.)
Balduin (Christoph Adolph) (geb. 1632 gest. 1682.)
Balthasar (Theodor) (florirte zu Anfange des 18ten Jahrh.)
Becher (Johann Joachim) (geb. 1645.)
Brandt (nach der Mitte des 17ten Jahrhund.)
Fischer (Joseph Emanuel, Baron von Erlachen) (gest. 1723.)
Gärtner, (Andreas) (starb 1727 im 73ten Jahre seines Alters.)
Hanknitz (Gottfried) (lebte im 17ten Jahrhund.)

Hen=

Henkel (Johann Friedrich) (geb. 1679 gest. 1744.)
Heusinger (Johann Michael) (geb. 1690. gest. 1751.)
Kirch (Gottfried) (geb 1694 gest 1740.)
Kraft (lebte im 17ten Jahrhund.)
Kunkel (Johann) (starb 1702 im hohen Alter.)
von Leibnitz (Gottfr. Willhelm) (geb. 1646. gest. 1716.)
Leupold (Jakob) (geb. 1674. gest 1727.)
Leutmann (Johann Georg) (geb 1667. gest. 1736.)
Lichtscheid (Ferdinand Helfreich) (geb. 1661. (gest. 1707.)
Matthesius (Johann) (geb 1504. gest. 1568.)
Menzel (Christian) (geb. 1622 gest 1701.)
Papin (Dionysius) (florirte zu Ende des 17ten und zu Anf. des 18ten Jahrh.)
Schulze (Gottfried) (lebte zu Ende des 17ten Jahrh.)
Stahl (Georg Ernst) (geb. 1660. gest. 1734.)
Sturm (Johann Christian) (geb. 1635 gest. 1703.)
Teuber (Gottfried) (florirte zu Ende des 17ten Jahrh.)
von Tschirnhausen (Walter) (geb. 1651. gest. 1708.)
Weidler (Friedrich) (florirte in der ersten Hälfte des 18ten Jahrhund.)
Wolf (Christian) (geb. 1679.)

Niederlande.

s'Gravesande (Willhelm Jakob) (geb. 1688. gest. 1742.)
Hartsöker (Nicol.) (geb. 1656. gest. 1725.)
Huygens (Christian) (geb. 1624. gest 1695.)
Leuwenhoek (Anton) (geb. 1632. gest. 1723.)
Musschenbroek (Johann) (zu Ende des 17ten und zu Anf. des 18ten Jahrh.)
Sengwerd (Wolferd) (zu Ende des 17ten Jahrh.)

Schweiz.

Bernoulli (Jakob) (geb. 1644. gest. 1705.)
Bernoulli (Johann) (geb. 1667 gest. 1747.)
Hermann (Jakob) (geb. 1678. gest. 1733.)

Polen.

Fahrenheit (Daniel Gabriel) (florirte in der ersten Hälfte des 18ten Jahrhund.)

Schweden.

Schwedenborg (lebte im 17ten Jahrh.)

Portugall.

Noel (Franciscus) (zu Anfange des 18ten Jahrh.)

Tab. I.

Fig. 1.

e g k l i m

2.

g k n p q r m o l h

3.

g m p k o n l y

5.

p n m k l b a f d g e h i c

6.

c α δ m β γ e ε k p a o r

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

SEP 14 1934

Digitized by Google